86-03073/

The Fisheries Research Board of Canada Reports series encompasses studies, symposia, and special reports.

Report No. 1 — "The Way Ahead" Symposium on the 75th Anniversary of the Fisheries Research Board of Canada.

Report No. 2 — The Fisheries Research Board of Canada — Seventy-Five Years of Achievements. By W. E. Ricker.

Report No. 3 — Science for Canada's Shelf-Seas Fisheries. By H. A. Regier and F. D. McCracken.

Report No. 4 — Biological Oceanography in Canada: A Perspective and Review. By T. R. Parsons.

Report No. 5 — Natura Naturans: A Symposium on the Fry Paradigm.

Published by / Publié par

Environment Canada / Environnement Canada
Fisheries and Marine Service / Service des pêches et des sciences de la mer

*Office of the Editor* / *Bureau du Rédacteur*
*116 Lisgar, Ottawa K1A 0H3*

**Price: Canada: $3.00**
**Other countries: $3.60**
**Price subject to change without notice**
**Requisition No: KF 801-6-0270**
**Catalogue No: Fs 97-10/6**
**Love Printing Service Limited**

## FRB REPORT

# Structured Aquaculture Development with a Canadian Perspective[1, 2]

G. I. PRITCHARD

*Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Resource Services Directorate, Ottawa, Ont. K1A 0H3*

### Contents

2 ABSTRACT/RÉSUMÉ

2 INTRODUCTION

3 BACKGROUND FACTORS

4 A MODEL FOR STRUCTURED AQUACULTURE DEVELOPMENT

7 VALUES VS NORMS
- Food
- Rural development
- Resource use
- Wealth
- Employment
- Recreation
- Aid to developing countries

8 ANTICIPATIONS — TOTAL SYSTEM DYNAMICS

8 POSSIBLE ACTIONS — SYSTEMIC STRUCTURES

10 ACTUAL ACTIVITIES — SYSTEMIC VARIABLES

11 BEHAVIOR-EFFECTIVE SYSTEMS DESIGNS — CREATION OF INSTITUTIONS
U.S. aquaculture development

12 SYSTEM-EFFECTIVE (OUTCOME-ORIENTED) MEASURES — CREATION OF INSTRUMENTALITIES

13 EFFICIENT (INPUT-ORIENTED) MEASURES — OPERATIONS

13 AQUACULTURE IN NONFOOD SYSTEMS

14 THE INTERNATIONAL INTERFACE

14 CONCLUSIONS

15 REFERENCES

[1] Reprinted from the *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 1976, 33(2) 296–345

[2] This report was prepared under contract for the Fisheries Research Board of Canada. The views expressed are those of the author and not necessarily those of the Board.

## Abstract

PRITCHARD, G. I. 1976. Structured aquaculture development with a Canadian perspective. FRB Report No. 6: 1–16.

Wild fisheries resources in Canada will be increasingly replaced or augmented by aquaculture as they diminish or encounter difficulty in satisfying market demands. Commercial forms of aquaculture still suffer from the lack of innovative policies, well-delineated strategies, and pilot-scale experimentation in operational planning. The aquaculture activities in Canada are reviewed and analyzed in this paper against a model for technological planning and social futures, and against developments elsewhere in food systems. It concludes that substantial research and experimental development effort are still needed, and that the lead time for undertaking these activities is short if risk capital is not to be jeopardized. High priorities are given in support of i) innovative policy development (resource inventories, public anticipations, etc.), ii) strategic forecasting and planning (business strategies, modular enterprise structures, marketing, disease control, a gene pool of aquatic stocks, sea-ranching, aquatic polycultures, introduction of nonindigenous species, waste utilization, etc.), and iii) commercial operations (feed formulation, brood stock selection, water reconditioning, product development, production tactics, pollution control, etc.). There is a shortage of skilled aquaculture practitioners, and a need for more highly trained scientific personnel to address themselves explicitly to aquaculture. In Canada, this industry has already begun to take on an innovative structure that makes it a model for other forms of fisheries development.

## Résumé

PRITCHARD, G. I. 1976. Structured aquaculture development with a Canadian perspective. FRB Report No. 6: 1–16.

L'aquiculture contribuera de plus en plus à remplacer ou à augmenter les ressources halieutiques sauvages au Canada à mesure que ces dernières diminueront ou auront de la difficulté à satisfaire la demande des marchés. L'aquiculture commerciale souffre encore d'un manque de politiques innovatrices, de stratégies bien délimitées et d'expérimentation à échellepilote dans la planification des opérations. Dans cet article, l'auteur passe en revue et analyse les activités aquicoles au Canada en les opposant à un modèle de planification stratégique et à des prévisions sociales, et en les comparant aux développements qui se produisent ailleurs dans les systèmes alimentaires. Il en conclut qu'il y a encore un grand besoin de recherche et de développement expérimental, et qu'il ne reste plus beaucoup de temps pour entreprendre ces activités si l'on ne veut pas que le capital de risque soit compromis. De hautes priorités sont accordées au support i) du développement de politiques innovatrices (inventaires des ressources, expectative du public, etc.), ii) de la prédiction et de la planification stratégique (stratégies administratives, structures d'entreprise modulaires, commercialisation, contrôle des maladies, pool génétique de stocks aquatiques, élevage en mer, polycultures aquatiques, introduction d'espèces non indigènes, utilisation des déchets, etc.) et iii) opérations commerciales (formules alimentaires, sélection des stocks reproducteurs, reconditionnement de l'eau, développement de produits, tactiques de production, contrôle de la pollution, etc.). Il y a une rareté de personnel expérimenté dans la pratique de l'aquiculture, et il faudra qu'un plus grand nombre de scientifiques hautement formés se consacrent explicitement à l'aquiculture. Au Canada, cette industrie a déjà commencé à se doter d'une structure innovatrice qui en fait un modèle pour les autres formes de développement dans le domaine des pêches.



Received November 19, 1975
Accepted December 30, 1975

Reçu le 19 novembre 1975
Accepté le 30 décembre 1975


## Introduction

Aquaculture is an emerging bioindustry based upon the culture and husbandry of aquatic plants and animals. It is a significant departure from the traditional "search and capture" fisheries in Canada in that production processes are controlled in whole or in part. This control enables a manipulation of the production processes that would otherwise be impossible, and allows for ownership or tenure as the fish are no longer a common property resource; thus the opportunity to create an innovative new aquaculture industry excites many. Nevertheless, a new spectrum of problems must be faced when cultured plants and animals are reared in large numbers in close proximity one to another. These problems suggest a growing need for new technologies and institutions to assure the technical and economic basis for commercial aquaculture in Canada.

The study reported here was commissioned by the Fisheries Research Board of Canada (FRBC) to provide a background for compiling recommendations on national needs for research and

experimental development related to fisheries. It focuses on the science of aquaculture, its assessment, development, and applicability. It outlines a model for structuring aquaculture development against which priorities and time-frames can be determined for the various enterprise options likely to be followed. It pays attention i) to "the farming approach" to aquaculture that is directed to enterprises that are not overly large, that make better use of natural resources in rural areas, and expand employment opportunities in outlying communities; ii) to "factory" aquaculture embodying intensive and large-scale hatcheries, sea ranches, feedlots, etc., built largely on the sciences of nutrition, genetics, disease control, and environmental engineering; and relates in a limited way to iii) "integrated" aquaculture that opens the whole topic of closed-circuit ecology with the controlled utilization of primary production within suitable water volumes either directly or via a food chain for human consumption. It specifically does not address itself to the ecological problems associated with managing wild fisheries resources, and touches only lightly on those aspects of primary productivity, hatcheries, and food technology that interface with the other FRBC background studies covering biology oceanography, resource enhancement, and resource utilization, respectively.

The study was built around a series of questions being asked with increasing frequency: 1) Is there a place for aquaculture in Canada, and if so, on what basis? 2) What types of enterprises are now being visualized, and what is the scale of these aspirations? 3) What ingredients, including food reservoirs, exist in this country applicable to aquaculture, and how many of these are unique enough to give Canadians a competitive advantage? 4) What is the state of present husbandry practices applicable to aquaculture? 5) How good is the existing knowledge base for aquaculture systems (with special attention to nutrition, genetics, disease control, hormonal manipulation, reproductive physiology, environmental engineering, and the management of food systems) and what should be done to improve this base? 6) What are the institutional, legal, and attitudinal constraints to aquaculture in Canada? 7) What is the case for government involvement in aquaculture research and experimental development in Canada, and what are the priorities? 8) Do the aquaculture sciences have application beyond the food industries? 9) How should "high-science-content" aquaculture be fostered in Canada? 10) How should Canadian activities equate with the international scene?

The study approach consists of a situation analysis that draws heavily from existing reports and activities of recent origin. It involved no special travel or data collection, and gaps that result from this approach are acknowledged.

## Background Factors

The overall study was conditioned by a number of factors that should be enunciated at the outset.

1) The place of aquaculture in food systems quickly overshadows the recreational and environmental benefits associated with it, thus an assessment of aquaculture requires some fundamental reexamination of food systems now in use. Food production is very much a chemical process. Basic energy reserves in the universe are almost infinitely beyond the energy delivered to human beings through nutrition. Nevertheless, a great part of the scientific and technical efforts applied to food problems is directed still to technical modification of relatively primitive agriculture and fisheries systems that are usually inefficient and dependent upon high-cost energy inputs. Aquaculture could prove to be the exception. Much benefit must come from assessing the potential that lies in more efficient technical processes for delivering nutritional energy from natural resources to people. At the present time, we can hardly claim to have assessed or inventoried the natural material and scientific knowledge available for making a concerted, long-range international attack on this most basic of human problems, the lack of adequate nutrition (Kenyon 1974).

2) There are four distinguishable and sequential steps in the development of a food system (Jantsch 1972): i) wild growth (e.g. collecting wild fruits, etc., hunting wild terrestrial animals and birds, freshwater fishing, ocean harvesting), ii) farming on a self-sufficiency basis (e.g. agricultural plant production, agricultural animal raising, fish ponds, mariculture), iii) intensive farming (e.g. agricultural plant production with chemical fertilizers, animal feedlots, agricultural plant production under artificial conditions), iv) factory food production (e.g. protein extraction from vegetable or oil seeds, yeasts grown on molasses, fish protein concentrate, industrial production of amino acids).

There are also a number of activities still in the exploratory stage (e.g. carbohydrates from wood, yeasts grown on organic wastes, protein extracted from leaves, freshwater algae culturing, yeasts and bacteria from petroleum). It is significant to note that only 5 of these forms of food production play a major role in the current production of food for human consumption, although 18 are

in current use. In contrast, Jantsch claims 3168 realistic possibilities based from a systemic morphological analysis of the food production function. He concludes that the biggest potentials can be ascribed to the following: i) biological transformation of fossil macromolecular resources (petroleum, natural gas) yielding single cell protein (SCP) with a production potential many times the total protein demand; ii) photosynthetic and, to a higher extent, nonphotosynthetic production of protein-rich algae, yeasts, tissues, etc., under artificial environment conditions (for example, in water tanks); iii) mariculture; iv) transforming the forests of the world chemically (yielding only carbohydrates) or biologically (protein-rich yeasts). Aquaculture practices at the lower trophic levels are tied closely to primary production, whereas those at the secondary or tertiary level become dependent upon outside food sources. Thus, nutrient recycling in aquatic systems must be kept in proper perspective to the aquatic food pyramid described by Ricker (1969), but can be linked to other and newer forms of food production.

3) Animal and plant production systems in agriculture have been under continuous pressures to intensify; defined here as increasing the time rate at which commodities are produced from feed, water or land resources, and labor. The same can be expected to apply to aquaculture. It must come from increasing the number of plants or animals carried per unit of water or labor, and from increasing the productivity of individual organisms. Both involve increased capitalization in production facilities and the capture of technical and scientific advantages. The paradox of this syndrome has been identified by Blaxter (1973) who points out that pressures to intensify food produtcion are greater in those countries of the world that are highly developed industrially than in the developing countries where demand for more and better food is greatest.

4) Limitations to the world marine fish catch are amply illustrated in trends displayed by Gulland (1970) and similar patterns are well-established in freshwater fishes. In contrast, the future potential for an increased production of protein food by aquaculture is very large. While capture fisheries for food fish are not expected to double their present world tonnage, means have already been identified that could prompt a tenfold increase (to 50 million tons annually) in world aquaculture production by the year 2000 (FAO 1973).

5) The driving force behind aquaculture must be first and foremost an economic one. Markets have to be created or found for its products, and the rewards must compensate for the cost of production inputs. Government policies and programs may encourage change, control overproduction, and/or minimize the hardships from temporal situations, but should never encourage forms of aquaculture that have little hope of long-term economic viability. The economics, however, are changing, as the exuberant economics of abundance relative to demand appear to be giving away to the economics of scarcity. Success in coping with such change will be ever more dependent upon scientific and technological capabilities (Handler 1974).

6) Aquaculture is still very much in the development phase, and as such exemplifies the wide range of problems and constraints normally encountered in launching a new technologically-innovative, science-based industry (Pritchard 1973b). This phase is a fast-changing one, requiring broad conceptualization and policy development that is not overly rigid. It could be disastrous for this industry at this stage to be emasculated by pseudopolicies emanating from intuition, or from existing alignments with the management of wild fish stocks.

## A Model for Structured Aquaculture Development

The differences between policies, strategies, and operations (tactics) must be brought into sharp focus if meaningful research and development requirements are to evolve. An inordinate confusion exists among these functions. Each must have its forecasting, planning, decision-making, and rational creative action phases, and all three must be addressed if structured and rational aquaculture development is to occur.

A proposed model for structured aquaculture development is presented in Fig. 1. It is adapted from a model described by Jantsch (1972), and provides a framework for the Canadian situation analysis on aquaculture that appears in subsequent sections of this report.

The features of this model particularly applicable to the topic under review are 1) an integration of essential activities, 2) a separation of policies, strategies, and operations, and 3) a dominance of norms, which are derived from values. The latter is equivalent to stating that the scheme recognizes policy making as the guiding function of the entire action process.

The full scheme integrates four vertical columns and three horizontal levels. The vertical columns represent the four activities (forecasting, planning, decision-making and rational creative action), each structured in three horizontal levels (policies,

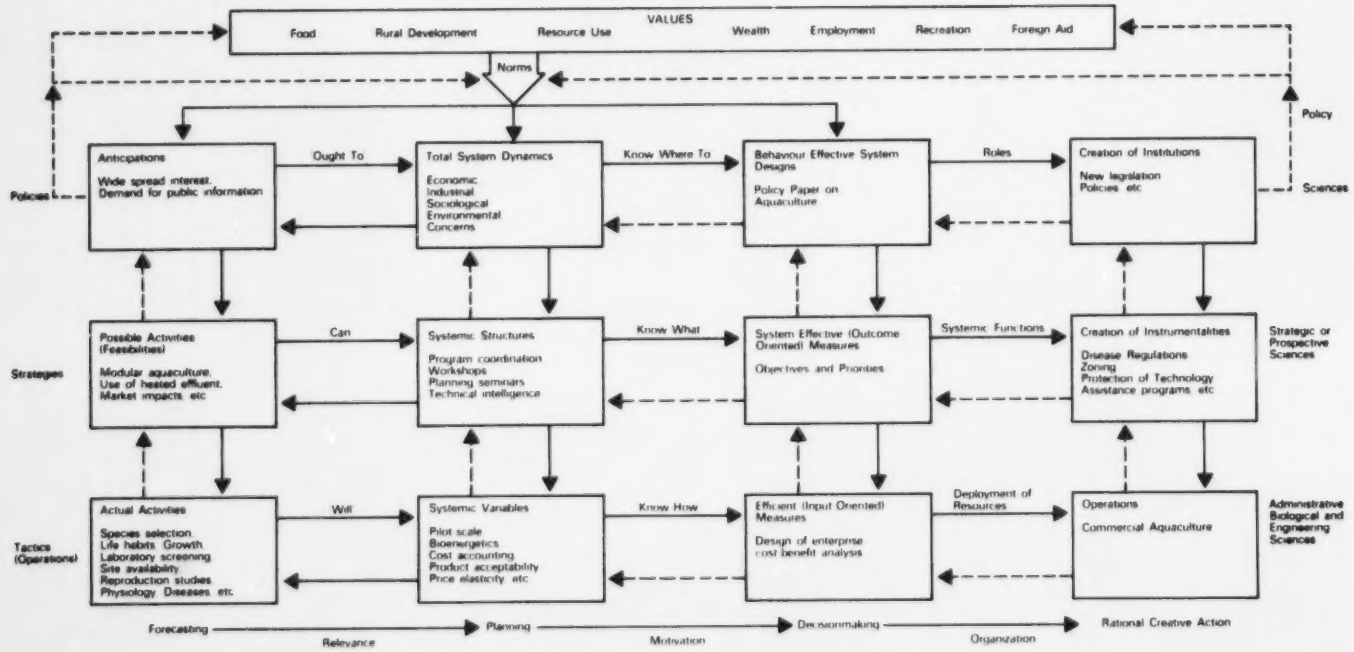



FIG. 1. Structured aquaculture development.

strategies, and operations). Jantsch characterizes them as follows:

> "Forecasting deals with the invention of anticipations, of possible (feasible) activities fitting them, and with the assessment of actual activities. Interaction among the three levels is by continuous feedback processes, but the downward pointing full arrows emphasize the basic normative character of forecasting; for example, a compilation of possible activities cannot determine anticipations, but anticipations, evaluated as 'good' determine the spectrum of possible activities to be considered, within the range of feasibility. Forecasting and planning are tied together particularly closely (since creative planning is based on invention through forecasting), and they shape their policy and strategy constructs together in feedback processes with no really dominating direction. These ties may be called relevance, expressed by 'ought to,' 'can,' and 'will,' that characterize the planning levels.
>
> "Planning deals with system design at the levels of total system dynamics, system analysis to define effective changes in system structures (goals), and changes of variables in given system structures. The feedback interaction among the three levels is of the same nature as with forecasting. Planning provides the information basis in dynamic terms for decision-making. In a normative framework of rational creative action, planning has to provide for links to decision-making which may be called motivation, expressed by the information values of 'know-where-to,' 'know-what,' and 'know-how.' The current dominance of 'know-how' in the motivation of decisions (e.g. for technology) illustrates the grossly distorted balance among the three levels of planning and decision-making. But information on the 'know-what' may also be meaningless, if it is not scrutinized in the light of criteria provided by policies and making it possible to distinguish between 'good' and 'bad' strategies.
>
> "Decision-making deals with the recognition, again in a normative way, of system designs which can be expected to be effective in changing the dynamics of the system in the direction of preferred anticipations and increased dynamic stability, of system-effective measures (whose outcomes do not upset systems in the same way as, for example, the introduction of technology for specific 'single-track' purposes frequently upsets the systems of human living), and of efficient measures to do well what has beed decided to do. The predominance of efficiency and decision-making structures focussing on it, bears testimony to the current distortion in the decision-making process. Decision-making leads to action by means of organization, which focuses at the three levels on the definition of roles, on systemic functions and on the deployment of resources of a material and nonmaterial nature (including the available basis of science and technology, human skills, etc.).
>
> "Rational creative action, finally, deals with the creation of institutions, the creation of their corresponding instrumentalities, and operations within and through these instrumentalities. The growing recognition that institutional change has to precede all other change in social systems, is an expression of frustration by forecasters, planners, and decision-makers alike who see no way to implement their ideas and preferences in the rigidified structures of existing institutions and instrumentalities. It is also an expression of the a-priori necessity of policy design human creative action."

It should be noted that the activities embedded in the process do not constitute disciplines, or even interdisciplines in the conventional sense; thus avoiding the tendency to characterize aquaculture according to traditional disciplines and outlooks. This is compatible with the practical need for planned transdisciplinary approaches enunciated by Regier et al. (1974). More and different aspects come into play when we look at the horizontal layers, defined by Jantsch as follows:

> "At the policy level, we gain a first view of a viable conceptual framework for the policy sciences. We may say, the policy sciences deal with the horizontal unfolding, as general instances of human activity, of forecasting, planning, decision-making and action at the policy level. What is meant thereby is more than strengthening the horizontal coupling between the four activities. It is their conformity in conception and realization, even their identification, which must be aimed at. The invention of anticipations, the design of social systems with preferred dynamic characteristics, the definition of roles for and the creation of institutions, and the feedback interactions between them, have to be seen as one single task. The emphasis is on design: system design, policy design, design of institutions; in other words, on intellectual innovation.
>
> "At the strategic level, we find a conceptual framework for what we may tentatively, and for lack of an accepted term, call the strategic or prospective sciences, which have not yet become recognized as such. However, the task of dealing integrally with the conception of possible activities, their implications for system structures and system-effectiveness, and the creation of instrumentalities — in other words, the human action model of structuring rationality at the strategic level — has already come into better focus than the corresponding task at the policy level. The emphasis is on analysis: system analysis, policy analysis, need analysis, institutional analysis, and market analysis.
>
> "At the operational level, the corresponding task of integrating probablistic forecasting related to actual activities, the changing of system

variables in given system structures and efficient ('economic') operations is pursued in a most effective way by the management and administrative sciences (biological and engineering sciences related to aquaculture are also accommodated here). The emphasis is on expansion: expansion of actual activities, of system variables, of resources, markets and operations in general."

The correct and logical order of the process of rational action according to Fig. 1 is to proceed from the left to the right, and from the top down. In practice, all too frequently people prefer to proceed in the wrong direction, especially in the direction from the bottom up which results in rigidification of existing system structures, and a short-circuit of the normative thinking.

## Values vs Norms

The answer to whether there is a place for aquaculture in Canada, can only be found by examining the discrepancies between "Values" and "Norms." These determine human activity, and dictate a consideration of social as well as economic factors, although the pace of development is determined by success in defining competitive bases for enterprises. This analysis also provides criteria for research planning and evaluation.

Aquaculture, as it is being conceived in Canada, contributes in varying degrees to several values which have existing norms that are deficient, summarized below:

### Food

Canadians have come to expect and appreciate inexpensive, high quality, and variety foodstuffs, but increasingly have become disenchanted with what is being offered. Aquaculture promises specialized products that could satisfy consumer specifications with variety and quality unobtainable through traditional fisheries. Even when traditional fisheries products encounter cyclical market difficulties, a demand for products most likely to be produced by aquaculture go unsatisfied. The origin of nutritional problems is in the limitations of food production capacities and techniques (Smith 1970), thus research and production planning must direct itself effectively toward activities that contribute to providing nutrition for those who must eat economically if they are to eat well.

### Rural Development

Growth of industrialization and urbanization in Canada was to a large extent at the expense of rural areas that suffered population drains, constraints on investment, and renewable resource neglect. These trends are reversing, and the assets of rural Canada are being recognized both properly and more widely as governments seek distribution of social and economic benefits to rural areas. New opportunities and instruments for rural development are being actively sought. Aquaculture and associated services loom high on development among such opportunities, and there is active search within business circles for rural investments that could be financially self-sustaining.

### Resource Use

Greater attention is being paid to seeking rational use and maximal benefits from natural resources without destroying their productive capacity. In the past, norms for use frequently tended to be exploitative, with few rewards being returned to strengthen the natural resources. Aquaculture is a form of renewable resource production that is compatible with good environmental guidelines, although uncontrolled development could pose threats to natural populations through disease introductions, genetic mixing, and the build-up of organic wastes.

### Wealth

Food exports generate a substantial proportion of Canada's foreign exchange, thus creating new wealth which Canadians value and wish to maintain. The present outlook for fish markets is uncertain, but the expectation is for export markets to become more specialized and demand rigorous specifications, making markets increasingly difficult to penetrate and hold. Aquaculture could be used to reduce dependence upon single sources of supply and to build-in flexibility for using good ingredients in ways current market economics dictate; thus enabling the retention of markets for Canadians that might otherwise be lost.

### Employment

Canadians continue to seek wider opportunities for meaningful and productive employment. Employment options are particularly limited in remote areas where aquaculture might be feasible.

### Recreation

Canadians continue to seek outdoor recreation, but recreational fishing is often unavailable in the proximity of population centers and established resorts. Correction of this situation is dependent upon specialized forms of aquaculture.

AID TO DEVELOPING COUNTRIES

Canada's programs of aid to developing countries have a sizeable aquaculture component, but the demand from developing countries for Canadian expertise related to the specialized sciences cannot be met.

## Anticipations — Total System Dynamics

There is a great variety of types of aquaculture enterprises now being visualized in Canada, and some have led to large investments. Others are less costly. Often the normal pattern of aquacultural aspirations is for them to be highly imaginative, short of facts, and underfinanced. On the other hand, private investors who seriously wish to develop Canadian aquaculture have been generally frustrated by a lack of clarification of their legal status, by a lack of biotechnical data from pilot-scale operations upon which reliable cost-return projections can be built, by risks associated with inadequate disease control, and by the unavailability of suitable fish for foundation stocks. They find it difficult to identify centers within governments from which they can obtain information, and that much of the information available is inadequate or irrelevant. Press reports tend to be overenthusiastic and misleading. At the same time there are jurisdictional areas within governments reflecting various economic, industrial, social, and environmental concerns that identify with aquaculture in some way. Moreover, the aquaculture client is frequently unknown to even the fisheries sections as but a small percentage of the aquaculture anticipations are generated by people within the traditional fishing business. The resulting action usually takes one of three routes: i) the anticipated plan is aborted based on information obtained in a great number of cases. This presupposes that the information demands can be met: ii) requests are sent into the political arena seeking blanket endorsement and support, but such proposals are frequently ill-defined and premature: iii) a plan evolves for examining the feasibility of the enterprise proposed: this being the normal progression for those anticipations that are most promising.

## Possible Actions — Systemic Structures

Feasibility studies on aquaculture must address themselves to the question as to what ingredients, including food reservoirs, exist that are applicable to aquaculture, and how many of these are unique enough to give a competitive advantage in the market place.

There are few formats for planning a commercial aquaculture feasibility study, but some exist (Mayo 1974; Beamish et al. 1975). Regardless of the format, the first requirement in an aquaculture endeavor is to identify a site. Feasibilities are meaningful only if they are site oriented. This is particularly true in the self-sufficiency and intensive-farming forms of aquaculture that rely to a much greater degree on the natural ingredients than in factory food production. All, however, must consider factors such as water quality and quantity, conflicting uses for the site including contamination from other activities, and cost. In general, Canada has large areas of indented coastline and abundant inland waters that are relatively clean and suitable for aquaculture. Few of these, however, have been inventoried with a view to selecting possible sites for aquaculture, and to preventing their deterioration so that potential bioindustries will be able to operate. Also, suitable quantities of ground water can be of critical importance to freshwater aquaculture if expensive recycling and water restoration procedures are to be avoided.

The second requirement is to determine if an enterprise encompasses the managerial, scientific, and technical skills required for its operation. The lack of clear-cut business plans and of skills to implement an operation is a likely cause of failure. This is particularly critical on the Canadian scene where there is but a limited history in the husbandry of aquatic species, and operational guidelines must frequently be extrapolated from the agricultural sector where nutrition, genetics, and disease control is further developed, or from foreign technology.

If the first two requirements are met, one would be expected to proceed toward the design of a production system, the component parts of which are identified in Fig. 2. Input ingredients vary greatly with the nature of the enterprise, so emphases shift accordingly. In a self-sufficiency type of enterprise (e.g. oyster, mussels, etc.), strategies are built around the capture of the sustaining food sources, whereas in intensive forms of aquaculture (e.g. trout and salmon) feed supply and cost problems often dominate. Selection of animal species must be made on availability, ease of husbandry including the ability to reproduce in confinement, resistance to disease and predation, food conversion capacity, and product value (Jones 1972). Machinery and motor power options range all the way from stationary floating suspensions to fully controlled environmental systems with automated material handling, the latter being the forecasted trend in factory-food production. Power costs can be pro-

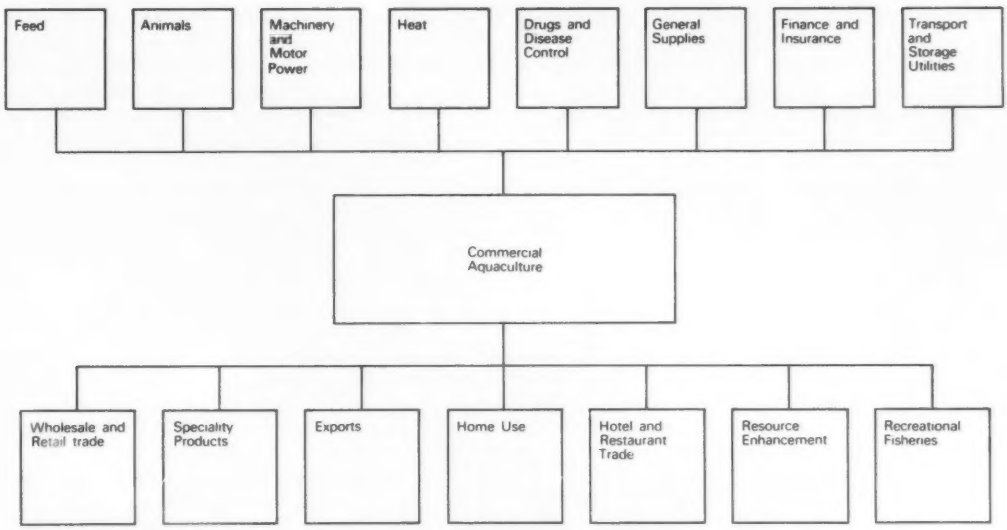



FIG. 2. The aquaculture production system.

hibitive, so the availability of low-cost heat from other industries has spurred considerable interest in developing aquaculture using waste heat effluents, as from nuclear power generating facilities. A plan for prevention and control of infectious diseases is a most vital ingredient of aquaculture ventures to minimize risks. General supplies, finance and insurance, and transportation, storage etc., are all cost factors that must be accommodated.

Market studies to assess the various marketing options are also required. Specialty markets tend to demand continuity of supply with price stability, thus timing of harvest and distribution capabilities can become a key factor in production tactics.

Looking at the broader picture, numerous strategic studies applicable to new aquaculture ventures have been conducted with government support and are a matter of public record. Others, however, were made at private expense and became privileged reports. Together, they cover a wide spectrum of activities and areas within Canada, only a brief summary of which can be provided here.

Oyster rearing, an industry of long standing on both coasts (Metcof 1961; Quayle 1969, 1971) has been recently rejuvenated with the injection of new techniques (Environment Canada 1974). Aquaculture ventures in Lake Bras d'Or, for example, have been heavily oriented to oyster farming although mussels and trout are also being grown experimentally. Marine algae were subject to much study in Eastern Canada (Neish 1972; Federal/Provincial Atlantic Fisheries Committee 1971; French 1971) and commercial ventures are becoming feasible. A major study on use of waste heat effluents was conducted for the Lorneville, New Brunswick, site (MacLaren Atlantic et al. 1974), other sites have or are being examined (Shields and Veinot 1969) (a study is presently underway on Point Lepreau). Experimental studies on mussels (Jamieson et al. 1975), eels, scallops (Clugston 1974), lobsters (Wilder 1972), and salmonids in salt water (Macdonald 1974; Saunders et al. 1974; Sutterlin et al. 1975) have been conducted in the Atlantic area, but only one commercial trout hatchery operates there at the present time. This contrasts with Ontario and Quebec where several hundred private trout hatcheries operate, all on a small scale. Many of these operations are looking toward grow-out operations as a form of expansion. Trout farming differs again in the Prairie lake region where natural populations of *Gammarus* serve as a prime foodstuff, attracting considerable attention and a growing number of enterprises (Lawler et al. 1974). Trout were also experimentally reared in cages in Precambrian lakes (Whitaker and Martin 1974), and use of waste heat effluent for freshwater aquaculture is being investigated in Ontario. British Columbia also has established trout farms that operate in the private sector, and a growing interest in sea pens for salmon is de-

veloping (Kennedy et al. 1975; MacCrimmon et al. 1974). Sable fish culture was attempted (Kennedy 1974; 1972), as has culture molluscs in addition to oysters (Bourne 1972). Feasibility studies on the fish feed industry (Bissell 1974), and numerous marketing analyses have been made. Tests have been underway in both the private sector and at the Nutrition Department, University of Guelph, on possibilities for using various feed ingredients produced in Canada for salmonid feedstuffs.

The Canadian scene has also been strongly influenced by the strategic studies and industrial developments in the United States on various culture systems now considered ready for exploitation (e.g. Gaucher 1971; Gates et al. 1974; Mardela Corp. 1972; Klontz and King 1975; Novotny 1975; Ryther et al. 1972a, b). As early as mid-1973, when aquaculture potentials in Canada were reviewed at a seminar in Winnipeg, species considered ready for pursuing vigorously on a commercial scale included chinook, coho and sockeye salmon, rainbow trout, and Atlantic and Pacific oysters. Meriting full-scale production subject to verification of product quality and of special market demand were species including pink and chum salmon, Atlantic salmon, sablefish, eels, and freshwater crayfish. Species that should be cultured on a small scale until further technical and/or market data were obtained included flatfishes, walleye, whitefish, clams, quahaugs, mussels, scallops, lobsters, and seaweeds. If a breakthrough were to be obtained in the culture of lobsters, pay-off could be extremely high.

Upon review of activities concerning aquaculture feasibilities, one is impressed by the multiplicity of expertise being addressed to the subject. There seems to be no shortage of people who are willing to undertake aquaculture studies, and are anxious to develop their expertise in this area. For example, a recent contract call in Ontario solicited 11 proposals, with representation from all regions of the country, each proposal being backed by a considerable array of expertise. Also, a conference on aquaculture in the Bras d'Or sponsored by the Atlantic Provinces Inter-University Committee on the Sciences attracted about 250 registrants, suggesting that there is a large amount of scientific and technical expertise now underutilized that is looking to aquaculture to find new and meaningful challenges.

At the same time, one becomes distressed by the lack of institutions that consider aquaculture in an explicit way. In the past, this has all too frequently resulted in the exclusion of potential users, an improper mix of disciplines, results that were nonadditive, and a distorted division of responsibilities. Steps have been taken to alleviate this lack of systemic structures. Workshops were conducted for staff within the Fisheries and Marine Service, a Government/Industry Policy Development Seminar on Aquaculture was conducted (MacCrimmon et al. 1974), and the subject is under ongoing discussion with Federal/Provincial meetings. The Service also moved to establish a coordination office in Ottawa, but its effectiveness has been curtailed by the slowness with which parallel regional structures were put in place. It has also been difficult dealing with the existing industry which lacks a collective voice. This general problem, however, is well-recognized in the fisheries sector. Rothschild (1973) noted it when addressing questions of strategy in fisheries management and development. He emphasized the importance of explicit institutions in creating a favorable environment for strategic decision-making, and identified the solution. Of particular relevance, in his view, is the applied research institution to develop strategies. Most would concur.

### Actual Activities — Systemic Variables

Operations, or tactics, have been pointed out by Mackenzie (1974) to be a specialist's activity. Bardach et al. (1972) identified a four-stage sequence of this specialized activity for aquaculture that ranges through 1) preliminary screening for the selection of new species under subsistence cultivation only, 2) scientific screening (laboratory studies), 3) extension of laboratory research to pilot-scale, and 4) commercial trials. These stages coincide closely with the operational forecasting and planning phases of the model in Fig. 1.

Scientific activities in Canada have been heavily concentrated in the screening stages and on the background biology. In contrast, the number and breadth of pilot-scale and commercial trials undertaken within the private sector lacked a well-developed scientific input, both in the form of information and of experienced people. There have been serious gaps in the understanding of nutrition, applied breeding, animal behavior, and disease control technology. Copying government hatchery operations was also found to be inadequate for the private sector as here, too, scientific content was frequently weak, with facilities being planned and put into operation with little foresight as to genetic capacity of broodstocks, feed supplies, and the disease status of the watersheds on which they operated.

This operational pattern is somewhat ironic when considered relative to happenings in the

scientific community where aquaculture, still somewhat in its infancy, has attracted and continues to attract some of the best scientific minds in the country. A high percentage of senior scientists who work on fish within the Fisheries and Marine Service have aligned themselves with the Aquaculture Program, bringing to it a scientific credibility as high as enjoyed by any other fisheries program in Canada. This cannot be attributed to stimulation by funding; it is probably the result of the lack of intellectual challenge that tends to creep into programs of longer standing. One might reasonably have expected funding constraints to dampen exploratory research related to aquaculture. It has been increasingly difficult to obtain either private or public financing for research and experimental development that cannot be recouped on the market place within a reasonable period of time. However, such periods of austerity have tended to force scientists to work on laboratory-scale studies that are less costly, but also less relevant, than those that should be conducted on a pilot-scale. In the meantime, Canada has built up a unique body of highly expert professionals who feel frustrated at times because they are far from the policy making centers, and because they have lacked avenues for following the identified opportunities through the step-by-step experimental process that would lead to commercial operations.

To correct this situation, the Fisheries and Marine Service of Environment Canada proposes to embark on an intensified 5-year program to strengthen the technical and economic basis of commercial aquaculture in Canada (Lucas 1975). The program will include the testing and economic evaluation of pilot-scale feeding and culture systems, the establishment of a fish health protection plan, and selection and provision of foundation fish stocks that have been performance tested.

## Behavior-Effective Systems Designs — Creation of Institutions

The Fisheries and Marine Service, Environment Canada, with Government approval, is also proceeding with the formulation of an all encompassing national policy for commercial aquaculture (Lucas 1975). A first step is the preparation of a policy paper that will review and make recommendations for controlling commercial production, licensing, site tenure, water rights, confiscation and compensation for diseased stocks, marketing, and the possible application of existing government programs designed to assist farmers and fishermen. The paper must be prepared in consultation with Agriculture Canada and other departments of federal and provincial governments. Its purpose is to assist Cabinet in defining the nature of future federal involvement in commercial aquaculture development. As such, it will have to include a discussion on the appropriate degree of provincial participation in the financing and administration of future policy initiatives, an acknowledgment of the institutional constraints in fisheries management discussed by Thompson (1974).

This action represents a significant turn of events which could lead to much greater private initiative and involvement. Traditionally, federal fisheries authorities have been indifferent to what is termed commercial aquaculture, and operated almost wholly to manage the common property fish resources. Similar outlooks often prevailed in the provincial sector. Thus, government programs that evolved were oriented to the conservation and exploitation of natural fish resources with little attention to production in the private sector. In contrast, agriculture was built on well-established systems of ownership or tenure of production sites. Commercial aquaculture falls between these sectors with the result that people are confronted with uncertainty when mounting enterprises. The legal status of aquaculture is not specifically addressed in federal legislation. In practice, the conflict between public attitudes and values concerning recreation, wildlife, resource management, and commercial aquaculture was too often unjustifiably reflected in negative attitudes by governments toward the latter.

Even before this national policy review was begun Environment Canada was examining the policy options open for aquaculture in Canada, and the implications associated with these policies. The policy that evolved between 1972–74 can be summarized as follows:

The prime role identified for the Fisheries and Marine Service was in research and the provision of scientific and technical information designed to reduce risks encountered by aquaculture enterprises. Such projects were to be strengthened as funds became available, with project planning consolidated within regions due to the site specific nature of most aquaculture projects.

Uninhibited shipment of live fish lacking disease certification was recognized as presenting undue hazards to both confined and natural fish stocks. Governmental action was needed to implement effective prevention and control procedures for communicable fish diseases, and steps were initiated to establish a scientific basis for an effective fish health program.

Speculative information and excessive promo-

tion of aquaculture was to be avoided pending establishment of an adequate scientific–technical base.

The supply of risk capital available to entrepreneurs wishing to launch or expand aquaculture was to be reviewed but direct financial assistance was to be avoided with the exception of a modest federal–provincial shared-cost program already underway.

The Freshwater Fish Marketing Corporation agreed to follow a liberal policy of licensing the sale of aquaculture products so that investors would be able to have full benefits of direct access to market place.

Where applicable, provincial water rights and other relevant licenses were to be considered a prerequisite to federal encouragement.

Undue regulation beyond those steps necesssary to ensure that harmful substances were not introduced in the fishing grounds was to be avoided. Priority was to be given to developing a strengthened fish health program with a private enterprise orientation, and the concerns for genetic swapping and for the destruction of prime aquaculture sites were identified.

Canadians should avail themselves of opportunities to seek out new technology from other countries.

A fish food manufacturing industry in Canada was to be encouraged.

Fish stocks from federal sources were to be sold to private enterprises if supplies permitted, subsequently interpreted as eggs from enhanced stocks.

The Foreign Investment Review Act would apply to aquaculture ventures unless direct control of fishing vessels was involved or there was a permanent reliance on the public property fish resources.

### U.S. Aquaculture Development

It was soon apparent that these policies were incomplete and inadequate in a rapidly changing scene, but it would be premature to forecast the outcome of the aquaculture policy review and to delineate the institutions that may have to be established to implement new policies. It is of interest, however, to look at happenings in the United States and at the National Aquaculture Development Act of 1975 that came before the 94th Congress. If enacted this Act could influence the competitive position of Canada. Its purpose is to provide for a U.S. program for aquaculture development to increase sources of marine protein for the consumer, to increase the availability and quality level of consumer fishery products, to develop new resources, to improve or maintain recreational fisheries, to initiate new business, industry, and employment, and to provide other national benefits. Activities that would be enabled by this Act include: i) construction, operation, and maintenance of hatcheries or similar facilities and undertaking of natural habitat improvement activities; ii) assistance to public and private organizations and individuals interested or engaged in aquaculture through advisory and other services; iii) coordination of aquaculture activities with efforts to enhance wild commercial and recreational fish and shellfish stocks; iv) development of therapeutic substances for control of fish and shellfish diseases; v) consultation and cooperation with Federal, State, and local governments, regional commissions, institutions of higher learning, private industry, and other public and private organizations for the development of new aquaculture technology; vi) research and experimentation with utilization of waste products (including thermal effluents) for aquaculture; vii) development of improved, new, and economical sources of nutrition for fish and shellfish growing; viii) development of centralized information retrieval and dissemination systems; ix) investigation of legal and regulatory constraints inhibiting the development of aquaculture; x) identification of economic feasibility factors for aquaculture, assessment of economic feasibility for particular species, and development of scientific and technical handbooks and operating manuals for aquaculture; xi) inventory of public and private aquaculture in the United States to include statistics of acreages, gallons of water flow, production in pounds and numbers, techniques used, and unresolved problems which private enterprise cannot solve by itself; and xii) performance of basic and applied research to establish a sound information base for the development of aquaculture.

Many of the powers this Act proposes are already enabled in Canada under the Fisheries Act, and development spending in Canada could be undertaken without passage of further legislation. The enactment of a comprehensive Aquaculture Development Act, however, still remains as one potential solution to many aquaculture development problems in Canada.

## System-Effective (Outcome-Oriented) Measures — Creation of Instrumentalities

Aquaculture, as an option in fisheries development, is now recognized within strategic decision-making centers as never before, and its acceptance ensures its consideration relative to other activities in a continuing way. Federal and provincial fisheries agencies identify with it in their objectives and spending priorities to some degree.

Numerous firms have invested in exploring aquaculture opportunities, others wait until they consider that the timing is right.

Assessing the amount of commitment to aquaculture is difficult, as accounting procedures seldom fully separate it from other activities. Fisheries and Marine Service has established programs costing approximately $2,000,000 annually that relate to aquaculture not exclusively, but to some degree. Continuation of these programs throughout the next 5 years is foreseen, and plans formulated to supplement them includes an intensified 5-year program estimated to cost slightly under $6,000,000 in total. Expenditures have also been made on aquaculture by other federal agencies including the National Research Council, the Department of Regional Economic Expansion, and the Department of Indian and Northern Affairs. Provincial expenditures are even more difficult to measure, as plans are only now being expressed.

The largest single component within the Fisheries and Marine expenditures relates to fish health. In total, it is almost as large as the other aquaculture related activities combined, and is accounted for in part by the belated recognition of this serious problem. The case for a strong fish health program is well documented (Bell and Margolis 1972; National Academy of Sciences 1973; Dill 1972). Steps have already been taken to strengthen the scientific basis for disease control (Gillespie et al. 1974), and new regulations are pending. These call for certification of production facilities rather than shipment, extension to 12 diseases from 2, and application to interprovincial shipments for the first time.

Other instrumentalities are less advanced, and must await the outcome of the policy review.

## Efficient (Input-Oriented) Measures — Operations

Ideally, any contemplated aquaculture venture should receive a careful analysis of expected benefits and costs. This is true whether the decision lies with a private investor or a public agency, although criteria for evaluation of benefits may differ somewhat between the two. Gates (1971) pointed out that criteria fall into two distinct categories — biologic and economic. The biologic criteria include environmental adaptability and suitability for intensive culture, the latter including a consideration of the present state of cultural knowledge. The economic criteria include market volume and cost–price considerations, interregional competition and natural supplies.

In practice, the knowledge base for even superficial cost–benefit analysis is frequently lacking, and the element of unknown risk is tied directly to this knowledge gap. Ventures that have been started tend to stay small until this risk factor is reduced, and in most cases this seems highly appropriate. On the other hand, undue emphasis on efficiency can discourage innovative ventures, and cause opportunities to be forfeited.

Although the small-scale pattern of Canadian aquaculture ventures described by Pritchard (1973a) still prevails, some changes are on the horizon. Marine algae, trout, and oyster enterprises now have sufficient basis to warrant expansion, although scaling-up problems are still likely to be encountered. Credit is generally scarce, but not surprisingly so in light of the shortage of good pilot-scale data and guidelines within which enterprises will have to operate. The outlook for these gaps being filled in the near future is good, and there is, at the moment, a strong incentive for people to enter the aquaculture business to establish a competitive advantage over those to follow.

## Aquaculture in Nonfood Systems

There is an extremely close relationship among the resource-based industries (Weir 1971). Thus, it would be inappropriate to consider a situation analysis of aquaculture within the food system to its complete exclusion elsewhere. It is the intention of this report to identify only the broad perspective that should be maintained.

Recreational fishing now attracts in excess of 4 million participants annually, and surveys show a consistent growth trend (Environment Canada 1975). There is an increasing tendency for the fish stocks on which this industry is based to be sustained by some form of culture. Likewise, the commercial fisheries for Pacific salmon are becoming more and more dependent upon government hatchery operations. Some such hatchery operations may, in the future, find their way into the private sector, provided that a capability grows there which could produce fish for stocking public waters to rigorous specifications.

The hobby fish industry in Canada is largely dependent on imports; very few exotics are cultured for sale. Several major public aquariums enjoy popular support and continue to add to their collections. Culture of fish for live bait used in sportfishing has established itself as a viable industry in areas where its use is permitted. There is also a growing demand for live specimens for research and educational uses. These demands are met largely from natural stocks, although holding and off-season distribution has become established in Canada.

## The International Interface

Aquaculture in Canada also must recognize the international implications, as much is happening in both the developed and developing countries. Canada encourages other countries to seek options for fisheries development that might lessen the pressure on fisheries off Canada's coasts. Also, a new regime of marine resource utilization that could emerge as a result of the Law of the Sea Conference clearly points to the greater need for developing fisheries resources within national boundaries. Thus, it came as no surprise that one recommendation to come out of the Technical Conference on Fisheries Management and Development of the Food and Agriculture Organization of the United Nations held at Vancouver in 1973 was for the development of aquaculture techniques, and for strengthening coordinated regional research activities related thereto.

Since 1973 FAO, in cooperation with the United Nations Development Plan (UNDP), has developed an Aquaculture Development and Coordination Program, global in scope. Research programs have been launched, receiving support from several international agencies and Canadian funds through the Canadian International Development Agency (CIDA). The Technical Conference on Aquaculture to be held in Japan in 1976 is an extension of these activities. The International Development Research Center (IDRC) also supports aquaculture research. Canadian expertise is now in demand for these programs.

Canadians have also moved to establish closer ties with aquaculture in the European area, through membership in ICES and its working party on mariculture, by sending observers to EIFAC meetings, and through Science/Technology exchange agreements.

There are also specialty areas which relate to aquaculture, e.g. a consultation was held in 1974 on an International Convention for the Control of the Spread of Major Communicable Fish Diseases, and action on the Draft Convention is still pending. Closer to home, the Great Lakes Fishery Commission developed a policy on disease control which has considerable significance to Canada. In general, benefits are to be gained by building on foreign technology where applicable, but also by not becoming too dependent upon it.

## Conclusions

Aquaculture in Canada commands much interest and expectations run high. It is still, however, very much a developing industry. Activities to date, when examined against the model and related background factors, present few surprises. Developments are following a predictable pattern of human activities, and these are likely to be continued because they result from basic values and demands that go unsatisfied. These values relate to food demands (quality as well as quantity), rural development, resource use, generation of exports, employment opportunities, recreation, and aid to developing countries.

This paper considers primarily the food concerns, and it notes that the sequential steps that can be identified in the development of food systems (wild growth, farming on a self-sufficiency basis, intensive farming, and factory food production) are being followed in aquaculture development. Intensification, and more than one form of food production at a time, are trends to be expected when wild resources diminish or encounter difficulty in satisfying market demands.

Much effort on aquaculture has already been made in Canada, and the momentum gained should not be lost. Structured aquaculture development requires an integrated approach if successful operations are to occur. For example, the best of operational planning can be frustrated if instrumentalities of governments are not put in place simultaneously, or vice versa. Thus, research requirments are identified in the three functional areas relating to policies, strategies, and operations, respectively, and priorities should reflect all three. Much of this research, particularly that in support of strategies, would have application well beyond commercial aquaculture.

The single most important requirement for aquaculture is innovative policy development. Research is required to keep it innovative, and to ensure that the instruments of this policy are sound and responsive to change. Policy development involves the design of dynamic systems that will work. Such design requires information inputs based largely upon resources inventories (e.g. zones suited for aquaculture, water resources, foodstuffs, disease status of watersheds, genetic capacity of native stocks, conflicting uses for prime aquaculture sites, market potentials, availability of risk capital, legal constraints, etc.), public anticipations, and overall government policies of the day. Policy development also requires evaluation of the existing information base so that changes will encompass new disclosures, and a capability to assess the system as a whole so that the impact of changes can be forecasted.

The second area involves strategic forecasting and planning, together with the creation of instrumentalities of control or strategic change. This is an important role of governments, and should be oriented to the public good. Strategic planning is first and foremost an applied research activity, a

fact that is all too frequently overlooked even by planners themselves. Such applied research requires institutions that address the strategic problems that infringe on aquaculture in an explicit way; these institutions should be staffed with persons schooled in the systematic collection, analysis, and evaluation of scientific evidence and who have learned to work in a multidisciplinary milieu. Projects of strategic significance that relate to aquaculture and warrant priority in spending plans in Canada include: studies on integration of aquaculture with existing industries, modular enterprise structures for minimizing risks, alternative marketing strategies, disease eradication and protection against communicable disease organisms now foreign to this country, a gene pool for aquatic stocks, sea-ranching, aquatic polycultures, introduction of nonindigenous species, and the utilization of wastes, including domestic sewage, in freshwater aquaculture. Instrumentalities requiring scientific and other services include disease control regulations, licensing and zoning regulations, protection of property (including intellectual property, unique strains or breeds of plants and animals, etc.), regulations against production in excess of markets, and technical assistance or extension programs.

Research in support of operations is preferably done in close conjunction with industrial or pilot-scale operations if not incorporated right into the industrial sector. Such research tends to be more short-term than that in support of strategies, and on a narrower base. If supported financially by governments, care should be taken to avoid unfair competition among private firms. An alternative structure is the creation of an industrial association to undertake and manage research projects in support of aquaculture operations. The highest priority research needs in this area are the formulation of least-cost, high performance fish feeds; selection of disease resistant and high performance brood stocks; the development of water reconditioning and recycling systems; product development; least-cost production tactics; and pollution abatement. Similar problems are encountered by aquaculture operations in many parts of the world, and an industrial capability for researching these problems could also be marketable.

Many manpower resources for undertaking initiatives in the above areas are available in Canada, although there is a need for a greater number of the highly trained scientific personnel to address themselves explicitly to either strategic or industrial problems. There is a shortage of skilled aquaculture practitioners, so greater vocational training is needed.

The level of investment in research and experimental development now undertaken or contemplated is well justified, and likely to grow as enterprises become more competitive for investment capital. Risks to the wide variety of approaches can only be reduced by substantial research inputs. With the inevitable growth of this industry, and the numerous benefits that it offers, governments could readily justify greater expenditures on research and experimental development related to commercial aquaculture. Delay in establishing essential policies and a sound scientific basis for this industry will jeopardize venture capital, and this should be avoided. An excellent start has been made so that aquaculture has already begun to take on an innovative structure making it a model for other forms of fisheries development, here and abroad.


BARDACH, J. E., J. H. RYTHER, AND W. O. MCLARNEY. 1972. Aquaculture. Wiley-Interscience. New York. N.Y. 868 p.

BEAMISH, W. D., A. PLOMP, AND H. H. PETERSON. 1975. An economic study of a modular aquaculture trout farm. Environ. Can. 111 p.

BELL, G. R., AND L. MARGOLIS. 1972. Considerations and recommendations for the control of fish diseases in Canada. Fish. Res. Board Can. Misc. Spec. Publ. 16: 52 p.

BISSELL CONSULTANTS LTD. 1974. Evaluation of commercial feasibility of a fish food industry in Canada. Fish. Mar. Serv., Environ. Can. 63 p.

BLAXTER, K. L. 1973. Intensive animal production. Vet. Rec. 92: 383–386.

BOURNE, N. 1972. Molluscan aquaculture in British Columbia. Am. Malacol. Union Bull. Feb. p. 25–27.

CLUGSTON, M. 1974. Observations on scallop farming in Newfoundland. Fish. Mar. Serv., St. John's, Nfld. 24 p.

DILL, W. A. [ed.] 1972. Symposium on the major communicable fish diseases in Europe and their control. FAO EIFAC Tech. Pap. 17: 40.

ENVIRONMENT CANADA. 1974. Report of the Maritime Oyster Development Task Force — The development of the maritime oyster industry. Fish. Mar. Serv., Environ. Can. 73 p.

.1975. Statistics in sales of sport fishing license in Canada. Fish. Mar. Serv., Environ. Can. 23 p.

FEDERAL/PROVINCIAL ATLANTIC FISHERIES COMMITTEE. 1971. Proc. Meet. Can. Atl. Seaweeds Ind. Environ. Can. 149 p.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 1973. Editorial on the technical advisory committee of the consultative group on international agricultural research working group report. FAO Aquaculture Bull. 6: 1–2.

FRENCH, R. A. 1971. The Irish moss industry. Dep. Fish. For. 230 p.

GATES, J. M. 1971. Appraising the feasibility of fish culture. Symp. economic Aspects of Fish production. Organ. Econ. Coop. Dev. Paris p. 327–348.

GATES, J. M., G. C. MATHIESSEN, AND C. A. GRISCOM. 1974. Aquaculture in New England. Univ. R. I. Mar. Tech. Rep. Ser. 18: 77 p.

GAUCHER, T. A. 1971. Aquaculture: a New England perspective. Rep. Conf. Res. Inst. Gulf of Maine, New England Mar. Resour. Inf. Program 119 p.

GILLESPIE, D. C., T. P. T. EVELYN, C. FRANTSI, R. M. MACKELVIE, AND N. NEUFELD. 1974. Methods for the detection of certain pathogens of salmonid fishes. Fish. Mar. Serv. Mis. Spec. Publ. 23: 19 p.

GULLAND, J. A. 1971. The fish resources of the ocean. Fishing News (Books) Ltd. Surrey, England. p. 246–255.

HANDLER, P. 1974. Nat. Acad. Sci. Annu. Rep. Fiscal Years 1973 and 1974. U.S. Senate Document No. 94-41. p. 196.

JAMIESON, G. S., I. C. NEISH, AND C. S. L. CLARKE. 1975. Perspectives and development prospects of mussel cultivation in the Maritime Provinces of Canada. Applied Marine Research Ltd. 74-11. Halifax, N.S. 75 p.

JANTSCH, E. 1972. Technological planning and social futures. John Wiley and Sons, Inc., New York, N.Y. 245 p.

JONES, A. 1972. Marine fish farming. An examination of the factors to be considered in choice of species. Fish. Lab., Lowestoft Leafl. 24: 16 p.

KENNEDY, W. A. 1972. Preliminary study of sablefish culture, a potential new industry. J. Fish. Res. Board Can. 29: 207–210.

1974. Sablefish culture — final report. Fish. Res. Board Can. Tech. Rep. 452. 15 p.

KENNEDY, W. A., C. T. SHOOP, AND W. FRIFFROEN. 1975. Preliminary experiments in rearing Pacific salmon (1973 Parr) in pens in the sea. Fish. Mar. Serv. Tech. Rep. 541: 17 p.

KENYON, R. L. 1974. Editorial. Chem. Eng. News April 29, 1974, p. 4.

KLONTZ, G. W., AND J. G. KING. 1975. Aquaculture in Idaho and nationwide. Dep. Water Resour. Boise, Idaho 85 p.

LAWLER, G. H., L. A. SUNDE, AND J. WHITAKER. 1974. Trout production in prairie ponds. J. Fish. Res. Board Can. 31: 929–936.

LUCAS, K. C. 1975. Aquaculture in Canada — How do we assure its future? p. 281–285. *In* Proc. Bras d'Or Lakes Aquaculture Conf. College of Cape Breton Press. Sydney, N.S.

MACCRIMMON, H. R., J. E. STEWART, AND J. R. BRETT. 1974. Aquaculture in Canada. The practice and the promise. Bull. Fish. Res. Board Can. 188: 85 p.

MACDONALD, R. E. H. 1974. Cape Breton Development aquaculture report: Saltwater salmonid culture program. Res. Dev. Branch, Environ. Can. Halifax, N.S. 15 p.

MACKENZIE, W. C. 1974. Conceptual aspects of strategic planning for fisheries management and development. J. Fish. Res. Board Can. 31: 1705–1712.

MACLAREN ATLANTIC LTD. AND ARTHUR D. LITTLE INC. 1974. Report on technical discussion on the feasibility of aquaculture at Lorneville, New Brunswick. Department of Fisheries and Environment Canada — Province of New Brunswick and Environment Canada. 255 p.

MARDELA CORP. 1972. NOAA aquaculture survey. Mardela Corp., Burlingame, Calif. 59 p.

MAYO, R. D. 1974. A format for planning a commercial model aquaculture facility. Kramer, Chin and Mayo Inc. Technical Report No. 30. Seattle, Washington 98101. 14 p.

MEDCOF, J. C. 1961. Oyster farming in the Maritimes. Bull. Fish. Res. Board Can. 131: 158 p.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1973. Aquatic animal health. Nat. Acad. Sci., Washington, D.C. 46 p.

NEISH, A. C. 1972. Marine plants — an undeveloped Canadian resource. Nat. Res. Council Can. Newsletter. Vol. 4, No. 2-3-4.

NOVOTNY, A. J. 1975. Net-pen culture of Pacific salmon in marine waters. Mar. Fish. Rev. 37: 36–47.

PRITCHARD, G. I. 1973a. Fish farm projects in Canada. Fish Farm. Int. 1: 112–114.

1973b. Constraints to aquaculture development. Can. Fisherman Ocean Sci. 22: 24–27.

QUAYLE, D. B. 1969. Pacific oyster culture in British Columbia. Bull. Fish. Res. Board Can. 169: 193 p.

1971. Pacific oyster raft culture in British Columbia. Bull. Fish. Res. Board Can. 178. 34 p.

REGIER, H. A., P. L. BISHOP, AND D. J. RAPPORT. 1974. Planned transdisciplinary approaches: renewable resources and the natural environment. J. Fish. Res. Board Can. 31: 1683–1703.

RICKER, W. E. 1969. Food from the sea, p. 87–108. *In* Resources and man, a study and recommendations by the Committee on Resources and Man. NAS NRC W. H. Freeman and Company, San Francisco, Calif.

ROTHSCHILD, B. J. 1973. Questions of strategy in fisheries management and development. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2017–2030.

RYTHER, J. H., W. M. DUSTAN, K. R. TENORE, AND J. E. HUGUENIN. 1972b. Controlled eutrophication — increasing food production from the sea by recycling human wastes. Bioscience 22: 144–152.

RYTHER, J. H., R. TENOR, W. M. DUNSTAN, J. C. GOLDMAN, J. J. PRICE, V. VREELAND, W. B. KERFOOT, N. CERWIN, J. E. HUGUENIN, AND J. M. VAUGHN. 1972a. The use of flowing biological systems in aquaculture, sewage treatment, pollution assay, and food chain studies. Prog. Rep. NSF-R ANN GI-32140. 33 p.

SAUNDERS, R. L., B. C. MUISE, AND E. B. HENDERSON. 1974. An attempt to overwinter salmonids at prevailing sea water temperatures in New Brunswick. Fish. Mar. Serv. Tech. Rep. 466: 14 p.

SHIELDS, W. D., AND J. A. VEINOT. 1969. Strait of Canso fish farm feasibility study. Nova Scotia Res. Found., Dartmouth, N.S. 74 p.

SMITH, V. E. 1970. Agricultural planning and nutrient availability. Nutr. Rev. 28: 143–150.

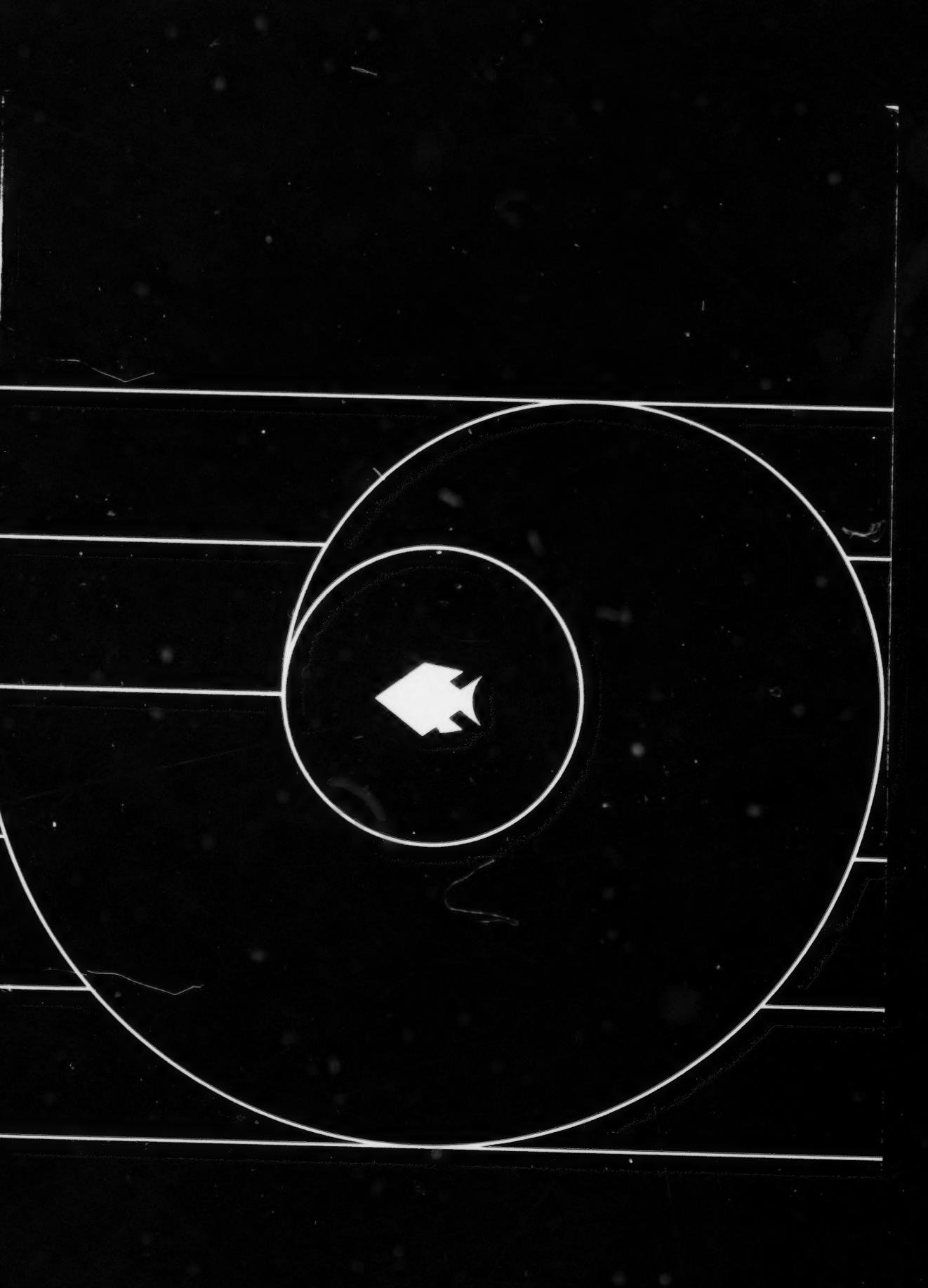
SUTTERLIN, A. M., H. BACHARD, AND G. MELVIN. 1975. Effects of several experimental diets on the growth of rainbow trout in salt water. Fish. Mar. Serv. Tech. Rep. 538: 8 p.

THOMPSON, P. C. 1974. Institutional constraints in fisheries management. J. Fish. Res. Board Can. 31: 1965–1981.

WEIR, J. R. 1971. Food from a northern environment. Can. Inst. Food Technol. J. 4: A24–A28.

WHITAKER, J., AND J. MARTIN. 1974. The cage rearing of rainbow trout in Precambrian lakes. Fish. Res. Board Can. Tech. Rep. 446: 13 p.

WILDER, D. G. 1972. Cultivation possibilities for lobster conservation and management. Oceanol. Int. 72. p. 87–90.



La série de Rapports de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada comprend des comptes rendus d'études et de symposiums et des rapports spéciaux.

Rapport n° 1 — (The Way Ahead) Colloque marquant le 75e anniversaire de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada.

Rapport n° 2 — L'Office des recherches sur les pêcheries du Canada — soixante-quinze années de réalisation. Par W. E. Ricker.

Rapport n° 3 — Science pour les pêches canadiennes dans les mers du plateau continental Par H. A. Regier et F. D. McCraken.

Rapport n° 4 — Océanographic biologique au Canada : Perspective et revue. Par T. R. Parsons.

Rapport n° 5 — Natura Naturans : Un colloque sur le paradigm de Fry.

Publié par

Environnement Canada
Service des pêches et des sciences de la mer

Bureau du Rédacteur

Published by

Environment Canada
Fisheries and Marine Service

Office of the Editor

116 Lisgar, Ottawa K1A 0H3

Prix: Canada: $3.00
Autres pays: $3.60
Prix sujet à changement sans avis préalable
No de réquisition: KF 801-6-0270
No de catalogue: Fs 97-10/6
Love Printing Service Limitée

# RAPPORT DE L'ORP

## Développement d'une aquiculture structurée, avec perspective canadienne[1,2]

G. I. PRITCHARD

*Ministère de l'Environnement, Service des pêches et des sciences de la mer*
*Direction de la programmation, de la recherche et du développement*
*Ottawa, Ont. K1A 0H3*

### Table des matières

2 RÉSUMÉ

2 ABSTRACT

2 INTRODUCTION

3 FACTEURS EN JEU

4 UN MODÈLE POUR LE DÉVELOPPEMENT D'UNE AQUICULTURE STRUCTURÉE

7 VALEURS VS NORMES

- Nourriture
- Développement rural
- Utilisation des ressources
- Richesse
- Emploi
- Récréation
- Aide aux pays en voie de développement

8 EXPECTATIVE — DYNAMIQUE DU SYSTÈME TOTAL

9 ACTIONS POSSIBLES — STRUCTURES SYSTÉMIQUES

11 ACTIVITÉS RÉELLES — VARIABLES SYSTÉMIQUES

12 ORGANISATION DE SYSTÈMES AGISSANT SUR LE COMPORTEMENT

- Création d'institutions
- Développement de l'aquiculture aux É.-U.

13 MESURES AGISSANT SUR LES SYSTÈMES (AXÉES SUR RÉSULTATS) — CRÉATION DES MOYENS

14 MESURES EFFICACES (AXÉES SUR MISES DE FONDS) — OPÉRATIONS

14 AQUICULTURE DANS DES SYSTÈMES NON ALIMENTAIRES

14 LES ASPECTS INTERNATIONAUX

15 CONCLUSIONS

16 RÉFÉRENCES

[1]Version française de « Perspectives », publié dans le *Journal de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada*, 1976, 33(4,1): 855–870.

[2]Le présent rapport a été préparé, sous contrat, à la demande de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada qui ne partage pas nécessairement le point de vue de l'auteur.

## Résumé

PRITCHARD, G. I. 1976. Développement d'une aquiculture structurée, avec perspective canadienne. FRB Report N° 6: 1–18.

L'aquiculture contribuera de plus en plus à remplacer ou à augmenter les ressources halieutiques sauvages au Canada à mesure que ces dernières diminueront ou auront de la difficulté à satisfaire la demande des marchés. L'aquiculture commerciale souffre encore d'un manque de politiques innovatrices, de stratégies bien délimitées et d'expérimentation à échelle pilote dans la planification des opérations. Dans cet article, l'auteur passe en revue et analyse les activités aquicoles au Canada en les opposant à un modèle de planification stratégique et à des facteurs sociaux, et en les comparant aux développements qui se produisent ailleurs dans les systèmes alimentaires. Il en conclut qu'il y a encore un grand besoin de recherche et de développement expérimental, et qu'il ne reste plus beaucoup de temps pour entreprendre ces activités si l'on ne veut pas que le capital de risque soit compromis. De hautes priorités sont accordées au support i) du développement de politiques innovatrices (inventaires des ressources, expectative du public, etc.), ii) de la prédiction et de la planification stratégique (stratégies administratives, structures d'entreprise modulaires, commercialisation, contrôle des maladies, pool génétique de stocks aquatiques, élevage en mer, polycultures aquatiques, introduction d'espèces non indigènes, utilisation des déchets, etc.) et iii) opérations commerciales (formules alimentaires, sélection des stocks reproducteurs, reconditionnement de l'eau, développement de produits, tactiques de production, contrôle de la pollution, etc.). Il y a une rareté de personnel expérimenté dans la pratique de l'aquiculture, et il faudra qu'un plus grand nombre de scientifiques hautement formés se consacrent explicitement à l'aquiculture. Au Canada, cette industrie a déjà commencé à se doter d'une structure innovatrice qui en fait un modèle pour les autres formes de développement dans le domaine des pêches.

## Abstract

PRITCHARD, G. I. 1976. Structured aquaculture development with a Canadian perspective. FRB Report No. 6: 1–18.

Wild fisheries resources in Canada will be increasingly replaced or augmented by aquaculture as they diminish or encounter difficulty in satisfying market demands. Commercial forms of aquaculture still suffer from the lack of innovative policies, well delineated strategies, and pilot-scale experimentation in operational planning. The aquaculture activities in Canada are reviewed and analyzed in this paper against a model for technological planning and social factors, and against developments elsewhere in food systems. It concludes that substantial research and experimental development effort are still needed, and that the lead time for undertaking these activities is short if risk capital is not to be jeopardized. High priorities are given in support of i) innovative policy development (resource inventories, public anticipations, etc.), ii) strategic forecasting and planning (business strategies, modular enterprise structures, marketing, disease control, a gene pool of aquatic stocks, sea-ranching, aquatic polycultures, introduction of non-indigenous species, waste utilization, etc.), and iii) commercial operations (feed formulation, brood stock selection, water reconditioning, product development, production tactics, pollution control, etc.). There is a shortage of skilled aquaculture practitioners, and a need for more highly trained scientific personnel to address themselves explicitly to aquaculture. In Canada, this industry has already begun to take on an innovative structure that makes it a model for other forms of fisheries development.


## Introduction

L'aquiculture peut être qualifiée de bioindustrie naissante fondée sur la culture et l'élevage de plantes et d'animaux aquatiques. Elle représente une orientation nouvelle importante par rapport à la méthode traditionnelle de « recherche et capture » des pêches canadiennes en ceci que les processus de production sont contrôlés en tout ou en partie. Ce contrôle permet une manipulation des processus de production impossible autrement et prévoit la propriété ou l'exploitation sous bail, étant donné que les poissons ne sont plus une ressource possédée en commun; c'est pourquoi la perspective de faire oeuvre de pionnier dans une industrie nouvelle en excite plusieurs. Néanmoins, on a à faire face à un spectre de problèmes nouveaux quand on élève des plantes et des animaux en grands nombres en étroite proximité les uns avec les autres. Devant ces problèmes, il y a un besoin croissant de technologies et d'institutions nouvelles qui fourniront un fondement technique et économique à l'aquiculture commerciale au Canada.

L'étude sur laquelle est basée ce rapport a été entreprise à la demande de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada (ORPC) dans le but de fournir les connaissances de base pour des recomman-

dations sur les besoins nationaux en recherche et en développement expérimental dans le domaine des pêches. Le rapport porte surtout sur la science de l'aquiculture, son évaluation, son développement et ses possibilités d'application. Il esquisse un modèle de structuration de l'aquiculture pouvant servir de jalon dans la détermination des priorités et du calendrier à suivre pour les diverses options qu'une entreprise aura à choisir. Il accorde une attention particulière à i) l'« approche culture » à l'aquiculture, visant des entreprises qui ne sont pas trop grandes, faisant meilleur usage des ressources naturelles dans les régions rurales et favorisant l'emploi dans des centres isolés; ii) aquiculture « usine » comprenant des écloseries considérables et à grande échelle, ranchs de mer, pâturages, etc., fondée en grande partie sur les sciences de nutrition, génétique, contrôle des maladies et génie de l'environnement; se rattachant un peu à iii), une aquiculture « intégrée » mettant en jeu le domaine entier d'une écologie en circuit fermé, avec utilisation contrôlée de la production primaire dans des plans d'eau adéquats, soit directement soit par le biais d'une chaîne alimentaire destinée à la consommation humaine. Le présent rapport ne couvre pas les problèmes écologiques associés à la gestion des ressources halieutiques sauvages et ne fait que mentionner brièvement ces aspects de la productivité primaire, des écloseries et de la technologie des aliments touchant d'autres études documentaires de l'ORP sur l'océanographie biologique, la revalorisation des ressources et l'utilisation des ressources respectivement.

Une série de questions que l'on pose de plus en plus fréquemment a servi de cadre à l'étude. Ce sont: 1) L'aquiculture a-t-elle une place au Canada et, dans l'affirmative, sur quelle base? 2) Quels types d'entreprises sont présentement envisagés, et quelle est l'échelle de grandeur de ces aspirations? 3) Quels ingrédients, y compris réservoirs de nourriture, existent au pays et sont applicables à l'aquiculture, et combien de ces ingrédients sont assez uniques pour donner aux Canadiens un avantage compétitif? 4) Quel est l'état des pratiques d'élevage actuelles applicables à l'aquiculture? 5) Nos connaissances actuelles sont-elles suffisantes pour donner aux systèmes aquicoles un bon fondement (en particulier dans les domaines de la nutrition, de la génétique, du contrôle des maladies, de la manipulation des hormones, de la physiologie reproductrice, du génie de l'environnement et de la gestion des systèmes alimentaires), et que devrait-on faire pour améliorer cette base? 6) Quelles contraintes les institutions, les lois et les attitudes peuvent-elles poser à l'aquiculture au Canada? 7) Quels arguments invoquer pour impliquer le gouvernement dans la recherche et le développement expérimental dans le domaine de l'aquiculture au Canada, et quelles sont les priorités? 8) Les sciences aquicoles ont-elles une application au-delà des industries alimentaires? 9) Comment encourager l'aquiculture à haut contenu scientifique au Canada? 10) De quelle façon les activités canadiennes devraient-elles figurer sur la scène internationale?

Cette étude est surtout une analyse de situations largement inspirées de rapports existants ou observées dans des activités récentes. Elle n'a pas comporté de déplacements spéciaux ou de collecte de données, et l'auteur reconnaît les lacunes qui ont pu résulter de cette approche.

## Facteurs en jeu

L'étude, dans son ensemble, a été conditionnée par un certain nombre de facteurs qui doivent être mentionnés au départ. Ce sont:

1. Le rôle de l'aquiculture dans les systèmes alimentaires prend rapidement le pas sur les bénéfices relatifs à la récréation et à l'environnement qui lui sont associés. Une évaluation de l'aquiculture requiert donc un réexamen fondamental des systèmes alimentaires présentement en usage. La production d'aliments est en grande partie un processus chimique. Les réserves énergétiques fondamentales de l'univers dépassent presque à l'infini l'énergie transmise aux êtres humains sous forme de nourriture. Néanmoins, une grande partie des efforts scientifiques et techniques consacrés aux problèmes alimentaires portent encore sur la modification technique de systèmes agricoles et halieutiques primitifs, en général inefficaces et dépendant d'apports énergétiques à coût élevé. L'aquiculture peut fort bien être l'exception. Il y aura grand avantage à évaluer le potentiel de processus techniques plus efficaces de transfert d'énergie nutritionnelle des ressources naturelles à l'homme. À l'heure actuelle, on peut difficilement prétendre avoir évalué ou inventorié le matériel naturel et les connaissances scientifiques nécessaires à un plan d'attaque international concerté et à long terme de ce problème humain des plus fondamentaux, le manque de nourriture adéquate (Kenyon 1974).

2. On reconnaît quatre étapes successives dans le développement d'un système alimentaire (Jantsch 1972): i) croissance sauvage (e.g. cueillette de fruits sauvages, etc., chasse des bêtes et oiseaux terrestres sauvages, pêche en eau douce, récolte océane), ii) culture pour se suffire à soi-même (e.g. production végétale agricole, élevage de bétail, étangs à poissons, mariculture), iii) culture intensive (e.g. production végétale agricole à l'aide d'engrais chimiques, pâturages pour le bétail, culture de plantes dans des conditions artificielles) et iv) production d'aliments en usine (e.g. extraction des protéines de légumes

ou de graines oléagineuses, culture de levures sur de la mélasse, concentrés de protéines de poisson, production industrielle d'acides aminés).

Il y a en outre un certain nombre d'activités encore au stade d'exploration (e.g. extraction des hydrates de carbone du bois, croissance de levures sur des déchets organiques, extraction des protéines des feuilles, culture d'algues d'eau douce, production de levures et de bactéries à partir du pétrole). Il est intéressant de noter que seulement 5 de ces formes de production alimentaire jouent un rôle majeur dans la production courante d'aliments pour consommation humaine, bien que 18 soient présentement utilisées. Par contraste, Jantsch soutient qu'il existe 3,168 possibilités réalistes fondées sur l'analyse morphologique systémique de la fonction de production alimentaire. Selon cet auteur, les facteurs suivants offriraient le plus grand potentiel: i) transformation biologique des ressources macromoléculaires fossiles (pétrole, gaz naturel) donnant une protéine monocellullaire (SCP, *single cell protein*), avec un potentiel de production équivalent à plusieurs fois la demande totale en protéines; ii) production photosynthétique et, à un degré encore plus grand, non photosynthétique d'algues, de levures, de tissus, etc., riches en protéines, dans des conditions ambiantes artificielles (par exemple, dans des réservoirs d'eau); iii) mariculture; iv) transformation des forêts du monde chimiquement (pour ne donner que des hydrates de carbone) ou biologiquement (levures riches en protéines).

Les pratiques aquicoles aux niveaux trophiques inférieurs sont étroitement liées à la production primaire, alors que celles des niveaux secondaire et tertiaire deviennent dépendantes de sources d'aliments extérieurs. C'est ainsi que le recyclage de substances nutritives dans les systèmes aquatiques doit être maintenu dans une perspective propre par rapport à la pyramide alimentaire aquatique décrite par Ricker (1969), mais peut être lié à des formes différentes nouvelles de production alimentaire.

3. Les systèmes de production animale et végétale en agriculture ont eu à subir des pressions constantes pour s'intensifier: c'est-à-dire, comme nous l'entendons ici, augmenter le rythme auquel les produits sont obtenus à partir des rations alimentaires, de l'eau ou des ressources terrestres ainsi que de la main d'oeuvre. La même chose pourra s'appliquer à l'aquiculture. Il y aura pression pour augmenter le nombre de plantes ou d'animaux supportés par unité d'eau ou de main d'oeuvre, et pour augmenter la productivité d'organismes individuels. L'un et l'autre impliquent une plus grande capitalisation dans les installations de production et l'acquisition d'une supériorité technique et scientifique. Blaxter (1973) reconnaît le paradoxe de ce syndrome quand il fait remarquer que les pressions en vue d'intensifier la production alimentaire sont plus fortes dans les pays les plus industrialisés que dans les pays en voie de développement où la demande est plus forte pour une nourriture plus abondante et meilleure.

4. Les tendances décrites par Gulland (1970) illustrent amplement les limitations imposées aux prises mondiales de poissons de mer, et de telles tendances sont fermement établies pour les poissons d'eau douce. Par contraste, le potentiel d'une production accrue d'aliments protéiques par l'aquiculture est très grand. Alors qu'on ne s'attend pas que les pêches actuelles, dépendant de la capture, de poissons comestibles puisse doubler leur tonnage mondial présent, on a déjà identifié les moyens d'augmenter de dix fois (jusqu'à 50 millions de tonnes annuellement) la production de l'aquiculture mondiale en l'an 2000 (FAO 1973).

5. Le moteur de l'aquiculture doit être d'abord et avant tout un moteur économique. Il faudra créer ou trouver des marchés pour ses produits, et les bénéfices doivent compenser les mises de fond pour la production. Les politiques et programmes gouvernementaux peuvent encourager le changement, contrôler la surproduction et ou minimiser des contretemps temporaires, mais ne devraient jamais encourager des formes d'aquiculture offrant peu d'espoir de rentabilité à long terme. Le régime économique, cependant, évolue: l'exubérant régime d'une offre abondante par rapport à la demande semble faire place à un régime de rareté. Plus que jamais, le succès à s'adapter à un tel changement dépendra d'une compétence scientifique et technique (Handler 1974).

6. L'aquiculture n'est encore qu'au stade de développement. Comme telle, elle fournit des exemples de la gamme étendue de problèmes et de contraintes que l'on rencontre normalement en mettant sur pied une industrie nouvelle, à technologie innovatrice et à fondement scientifique (Pritchard 1973b). Cette phase se transforme rapidement et requiert la formation de concepts ouverts et de politiques qui ne sont pas trop rigides. Il serait désastreux pour cette industrie à ce stade d'être émasculée par des pseudo-politiques émanant de l'intuition ou de positions existantes vis-à-vis de la gestion des stocks de poissons sauvages.

## Un modèle pour le développement d'une aquiculture structurée

Les différences entre les politiques, les stratégies et les opérations (tactiques) doivent être clairement démontrées si l'on veut qu'évoluent les besoins en

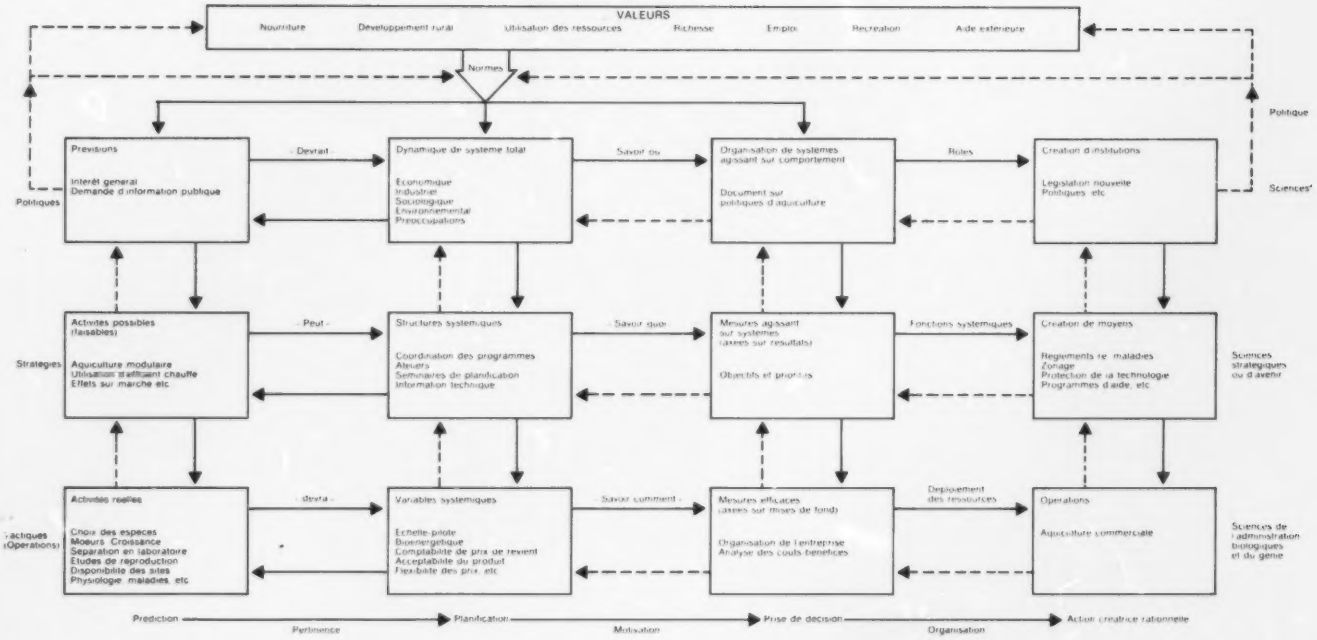



FIG. 1. Développement d'une aquiculture structurée.

recherche et développement significatifs. Il y a confusion excessive entre ces fonctions. Elles doivent avoir chacune leurs phases de prédiction, planification, prise de décision et action créatrice rationnelle, et les trois doivent être considérées pour que se développe une aquiculture structurée et rationnelle.

Nous proposons à la figure 1 un modèle pour le développement d'une aquiculture structurée. Ce modèle a été adapté de celui décrit par Jantsch (1972) et fournit un cadre à l'analyse de la situation canadienne en aquiculture présentée dans les sections suivantes de ce rapport.

Les caractéristiques de ce modèle particulièrement applicables au sujet traité ici sont 1) une intégration des activités essentielles, 2) une séparation des politiques, stratégies et opérations, et 3) une dominance des normes, qui sont établies à partir des valeurs. Cette dernière caractéristique équivaut à dire que le schéma reconnaît l'élaboration de politiques comme étant la fonction directrice du processus d'action entier.

Le schéma complet intègre quatre colonnes verticales et trois paliers horizontaux. Les colonnes verticales représentent les quatre activités, prédiction, planification, prise de décision et action créatrice rationnelle, chacune étant structurée en trois paliers horizontaux (politiques, stratégies et opérations). Jantsch les caractérise comme suit:

> « La prédiction comporte l'invention d'événements anticipés, d'activités possibles (faisables) pour s'y adapter et l'évaluation d'activités réelles. L'interaction entre les trois paliers se fait par rétroaction continue, mais les flèches en traits pleins pointant vers le bas font ressortir le caractère normatif fondamental de la prédiction; par exemple, une compilation des activités possibles ne permet pas de faire des prévisions, mais les prévisions considérées comme « bonnes » déterminent le spectre d'activités possibles à considérer, dans les limites de ce qui peut être fait. La prédiction et la planification sont particulièrement liées l'une à l'autre (vu qu'une planification créatrice est fondée sur l'invention par l'intermédiaire de la prédiction), et elles élaborent ensemble leurs politiques et leurs stratégies selon des processus de rétroaction qui n'ont en réalité aucune direction dominante. Ces liens peuvent être appelés pertinence, exprimée par « devrait », « peut » et « devra », caractérisant les paliers de planification.
>
> « La planification comporte l'organisation de systèmes aux paliers de la dynamique du système total, de l'analyse systémique permettant de définir les changements effectifs dans les structures du système (objectifs) et les changements de variables dans les structures d'un système donné. La rétroaction entre les trois paliers est de même nature que dans le cas de la prédiction. La planification fournit une base de connaissances, en termes dynamiques, nécessaires à la prise de décision. Dans un cadre normatif d'action créatrice rationnelle, la planification doit procurer à la prise de décision des liens pouvant être appelés motivation, exprimée par les termes « savoir où », « savoir quoi » et « savoir comment ». La dominance actuelle de « savoir comment » dans la motivation des décisions (e.g. concernant la technologie) illustre l'équilibre grossièrement faussé entre les trois paliers de planification et de prise de décision. Mais l'information relative à « savoir quoi » peut également être vide de sens si elle n'est pas examinée de près à la lumière de critères énoncés dans les politiques et permettant de distinguer entre les « bonnes » et les « mauvaises » stratégies.
>
> « La prise de décision comporte la reconnaissance, encore d'une manière normative, de plans de systèmes sur lesquels on peut compter pour changer la dynamique des systèmes et leur donner une orientation vers les prévisions préférées ou vers une stabilité dynamique accrue, la reconnaissance de mesures agissant efficacement sur les systèmes (dont les conséquences ne dérangent pas les systèmes de la même façon que, par exemple, l'introduction d'une technologie pour des fins spécifiques « à voie unique » dérange souvent les systèmes de vie de l'homme), et enfin reconnaissance de mesures efficaces pour bien faire ce qu'on a décidé de faire. La prédominance de l'efficacité et des structures de prise de décision qui s'y rapportent témoigne de la distortion qui existe présentement dans le processus de prise de décision. La prise de décision aboutit à l'action au moyen de l'organisation, qui se concentre aux trois paliers sur la définition des rôles, sur les fonctions systémiques et sur le déploiement de ressources à caractère matériel et non matériel (y compris la base de science et de technologie dont on dispose, les aptitudes de l'homme, etc.).
>
> « En dernier lieu, l'action créatrice rationnelle comporte la création d'institutions, la création de moyens correspondants et les opérations poursuivies dans les limites et par l'intermédiaire de ces moyens. On se rend compte de plus en plus qu'un changement institutionnel doit précéder tout autre changement dans les systèmes sociaux. Ceci est une expression de la frustration ressentie par ceux qui font des prédictions, de la planification ou qui prennent des décisions et qui se voient impuissants à mettre leurs idées et leurs préférences à exécution dans les structures rigides des institutions et des moyens actuels. C'est également une expression de la nécessité a priori de l'action créatrice de l'homme dans l'élaboration des politiques. »

Il faudrait noter que les activités comprises dans le processus ne sont pas des disciplines, ni même des interdisciplines, au sens conventionnel. On évitera ainsi la tendance à caractériser l'aquiculture selon des disciplines et des points de vue traditionnels. Ceci est compatible avec le besoin pratique des

approches transdisciplinaires planifiées énoncées par Regier et al. (1974). D'autres aspects différents entrent en jeu quand on considère les couches horizontales, que Jantsch définit comme suit:

> « Au palier des politiques, on a une première idée d'un cadre conceptuel viable pour les sciences des politiques. On peut dire que les sciences des politiques se rapportent au déploiement horizontal, comme cas généraux d'activité humaine, de prédiction, de planification, de prise de décision et d'action au palier des politiques. Ce qu'on entend par cela est plus qu'un renforcement des liens horizontaux existant entre les quatre activités. Ce à quoi il faut viser est la conformité dans la conception et la réalisation, voire l'identification, de ces activités. L'invention d'événements anticipés, l'organisation de systèmes sociaux dotés des caractéristiques dynamiques préférées, la définition de rôles pour les institutions et leur création, ainsi que les rétroactions en jeu doivent être considérées comme une seule tâche. L'accent porte sur l'organisation: organisation des systèmes, organisation des politiques, organisation des institutions; en d'autres mots, sur l'innovation intellective.
>
> « Au palier stratégique, nous trouvons un cadre conceptuel pour ce qu'on peut appeler, d'une manière tentative faute d'un terme accepté, les sciences stratégiques ou de l'avenir, qui n'ont pas encore été reconnues comme telles. Cependant, la tâche de traiter intégralement de la conception d'activités possibles, de leurs implications sur les structures et l'efficacité des systèmes, et la création des moyens – en d'autres mots, le modèle d'actions humaines touchant la structuration de la rationalité au palier stratégique – est déjà mieux perçue que la tâche correspondante au palier des politiques. L'accent porte sur l'analyse: analyse systémique, analyse des politiques, analyse des besoins, analyse des institutions et analyse des marchés.
>
> « Au palier opérationnel, où se situe la tâche correspondante de l'intégration des probabilités prédites sur la base des activités réelles, le changement des variables dans les structures d'un système donné et les opérations efficaces (« économiques ») sont accomplis avec le meilleur résultat par les sciences de gestion et d'administration (on inclut ici les sciences biologiques et du génie reliées à l'aquiculture). L'accent porte sur l'expansion: expansion des activités réelles, des variables des systèmes, des ressources, des marchés et des opérations en général. »

L'ordre correct et logique du processus d'action rationnelle selon la figure 1 est de gauche à droite et de haut en bas. En pratique, les gens préfèrent trop souvent procéder dans la mauvaise direction, plus particulièrement de bas en haut, ce qui entraîne un raidissement des structures existantes du système et un court-circuit de la pensée normative.

## Valeurs vs Normes

La question de savoir s'il y a place pour l'aquiculture au Canada ne peut être résolue sans un examen des différences entre « Valeurs » et « Normes ». Elles sont un facteur déterminant de l'activité humaine et nous obligent à considérer les aspects tant économiques que sociaux, bien que le rythme de développement soit fonction du succès à définir des bases compétitives pour les entreprises. La présente analyse fournit également des critères pour la planification et l'évaluation de la recherche.

L'aquiculture, telle que conçue au Canada, contribue à divers degrés à plusieurs valeurs dont les normes actuelles sont déficientes et que nous résumons comme suit:

### Nourriture

Les Canadiens en sont venus à exiger et à apprécier des aliments variés, de haute qualité et à bas prix, mais sont de plus en plus désappointés par ce qu'on leur offre. L'aquiculture offre des promesses de produits spécialisés qui pourraient satisfaire les exigences du consommateur par une qualité et une variété que les pêches traditionnelles ne peuvent procurer. Même quand les produits halieutiques traditionnels rencontrent des difficultés cycliques de marché, la demande pour les produits les plus susceptibles d'être fournis par l'aquiculture ne peut être satisfaite. Les limites de capacité et de techniques de production alimentaire sont à l'origine des problèmes de nutrition (Smith 1970). La planification de la recherche et de la production doit donc s'adresser effectivement aux activités qui contribuent à fournir une nourriture à ceux qui doivent manger économiquement s'ils veulent bien manger.

### Développement rural

La croissance de l'industrialisation et de l'urbanisation au Canada s'est faite en grande partie aux dépens des régions rurales, qui ont eu à souffrir d'une dépopulation, de contraintes à l'investissement et de l'abandon des ressources renouvelables. On observe toutefois un renversement de ces tendances, et on reconnaît de plus en plus et à juste titre les qualités du Canada rural à mesure que les gouvernements cherchent à étendre aux régions rurales les bénéfices sociaux et économiques. On recherche activement de nouvelles occasions et de nouveaux instruments de développement rural. Parmi de telles occasions, l'aquiculture et les services qui lui sont associés ont un grand potentiel de développement, et on cherche dans les cercles d'affaires des investissements ruraux dans des entreprises rentables.

### Utilisation des ressources

On s'efforce davantage de trouver une utilisation rationnelle et des bénéfices maximums des ressources naturelles, sans détruire leur capacité de production. Dans le passé, les normes d'utilisation ont souvent été dictées par l'exploitation, avec très peu des bénéfices réinvestis dans le but de consolider ces ressources. L'aquiculture est une forme de production de ressources renouvelables compatible avec de bons principes de protection de l'environnement, bien qu'un développement non contrôlé puisse menacer les populations naturelles par suite de l'introduction de maladies, d'un mélange génétique et d'une accumulation de déchets organiques.

### Richesse

L'exportation d'aliments est une source substantielle de devises étrangères pour le Canada et par conséquent une source nouvelle de richesse que les Canadiens apprécient et veulent conserver. La perspective des marchés pour le poisson est présentement incertaine, mais on prévoit que les marchés d'exportation deviendront plus spécialisés et demanderont de rigoureuses spécifications, de sorte qu'il sera de plus en plus difficile de s'introduire sur ces marchés et d'y demeurer. Grâce à l'aquiculture, on pourrait réduire la dépendance sur des sources uniques d'approvisionnement et introduire une flexibilité permettant d'utiliser de bons ingrédients suivant les exigences économiques des marchés du moment. De cette façon, les Canadiens pourront conserver des marchés qui pourraient être perdus autrement.

### Emploi

Les Canadiens recherchent toujours de plus amples occasions d'emploi significatif et productif. Les options sont particulièrement limitées dans les régions éloignées, là où l'aquiculture serait possible.

### Récréation

Les Canadiens continuent de chercher une récréation en plein air, mais il est souvent impossible de pratiquer la pêche sportive à proximité des centres de population et des endroits de villégiature établis. Cette situation peut être corrigée par des formes spécialisées d'aquiculture.

### Aide aux pays en voie de développement

Une portion importante des programmes canadiens d'aide aux pays en voie de développement touche l'aquiculture, mais la demande de la part de ces pays pour l'expertise canadienne liée à ces sciences spécialisées ne peut être satisfaite.

## Expectative – Dynamique du système total

On entrevoit présentement au Canada une grande variété d'entreprises aquicoles, et il en est qui ont entraîné d'importantes mises de fonds. D'autres sont moins dispendieuses. Un motif normal d'aspirations en aquiculture consiste, pour ces dernières, à être hautement imaginatives, pauvres en faits et sous-financés. D'autre part, les bailleurs de fonds privés qui désirent sérieusement développer l'aquiculture canadienne sont généralement frustrés par un manque de clarification de leur statut légal, par un manque de données biotechniques fondées sur des opérations pilotes permettant de faire des projections fiables de coûts-bénéfices, par les risques associés à un contrôle inadéquat des maladies et par l'absence de poissons adéquats pour des stocks de base. Ils ont de la difficulté à identifier les centres gouvernementaux où trouver des renseignements, et ils constatent qu'une grande partie des renseignements disponibles sont inadéquats ou non pertinents. Les communiqués de presse pêchent parfois par excès d'enthousiasme et peuvent être trompeurs. Il y a de plus, au sein des gouvernements, des domaines juridictionnels reflétant divers intérêts économiques, industriels, sociaux et de l'environnement, qui se rattachent d'une façon quelconque à l'aquiculture. Par ailleurs, l'aquiculteur client est souvent inconnu même des sections qui s'occupent des pêches, car seulement un faible pourcentage de l'industrie traditionnelle des pêches semble s'intéresser à l'aquiculture. L'action qui en résulte suit ordinairement une des trois voies suivantes: i) le plan prévu est rejeté sur la base de renseignements obtenus pour un grand nombre de cas. Ceci laisse entendre que les demandes de renseignements peuvent être satisfaites; ii) les requêtes sont lancées dans l'arène politique dans l'espoir d'un endossement et support applicables à tous les cas, mais de telles propositions sont souvent mal définies et prématurées; iii) un plan se dégage pour examiner la rentabilité de l'entreprise proposée; ceci est la voie normale pour les prévisions qui semblent les plus prometteuses.

## Actions possibles – Structures systémiques

Les études de faisabilité en aquiculture doivent déterminer quels ingrédients, y compris réservoirs alimentaires, sont disponibles et applicables à l'aquiculture, et combien de ces ingrédients sont suffisamment seuls en leur genre pour procurer un avantage compétitif sur les marchés.

Il y a peu de formats suivant lesquels planifier une étude de faisabilité sur l'aquiculture commerciale,

mais il en existe quelques-uns (Mayo 1974; Beamish et al. 1975). Quel que soit le format, la première condition de toute entreprise aquicole est l'identification d'un site. De telles études ne sont significatives qu'en autant qu'elles s'appliquent à un site. Ceci est particulièrement vrai dans le cas des formes autonomes et à élevage intensif d'aquiculture qui dépendent d'ingrédients naturels à un degré beaucoup plus grand que la production alimentaire en usine. Toutes les formes doivent cependant considérer des facteurs tels que le volume et la qualité de l'eau, les usages contradictoires du site, y compris contamination par d'autres activités, et enfin les coûts. En général, le Canada possède de grandes étendues de côtes échancrées et des eaux intérieures abondantes relativement propres et pouvant se prêter à l'aquiculture. Peu de ces régions, cependant, ont été inventoriées en vue de choisir des sites possibles pour l'aquiculture et de prévenir leur détérioration afin que des bioindustries potentielles puissent y opérer. De plus, des quantités adéquates d'eau souterraine peuvent avoir une importance critique pour l'aquiculture en eau douce si l'on veut éviter les coûts élevés de recyclage et de reconditionnement.

La deuxième condition est de déterminer si une entreprise possède les compétences administratives, scientifiques et techniques requises pour son opération. Le manque de plans bien définis et de compétences pour faire marcher l'entreprise aboutira probablement à la faillite. C'est un facteur particulièrement critique sur la scène canadienne, où l'élevage des espèces aquatiques a une courte histoire et où les directives opérationnelles doivent souvent être extrapolées du secteur agricole, où la nutrition, la génétique ou le contrôle des maladies sont plus avancées, ou encore être empruntées de la technologie étrangère.

Si ces deux premières conditions sont remplies, on peut procéder à l'élaboration de plans d'un système de production dont les composantes sont indiquées à la figure 2. Les ingrédients qui entrent dans le système varient grandement selon la nature de l'entreprise, et l'importance qu'on leur donne doit varier en conséquence. Dans un type d'entreprise qui se suffit à elle-même (e.g. ostréiculture, myticulture, etc.), les stratégies sont axées sur l'obtention de sources de nourriture, alors que dans les formes intensives d'aquiculture (e.g. élevage de truites et saumons), l'approvisionnement en nourriture et les problèmes de coût sont souvent des facteurs dominants. Le choix des espèces animales doit être fondé sur la disponibilité, la facilité d'élevage, y compris l'aptitude à se reproduire en captivité, la résistance aux maladies et à la prédation, la capacité de conversion des aliments et la valeur des produits (Jones 1972). Les options machinerie et force motrice varient de simples structures flottantes stationnaires à des systèmes à environnement entièrement contrôlé avec automatisation de la manutention du matériel, cette dernière étant la tendance prévue pour la production d'aliments en usine. Les coûts de l'énergie peuvent être prohibitifs. C'est pourquoi une chaleur à faible coût provenant d'autres industries suscite un intérêt considérable dans le développement d'une aquiculture utilisant la chaleur des eaux usées, comme

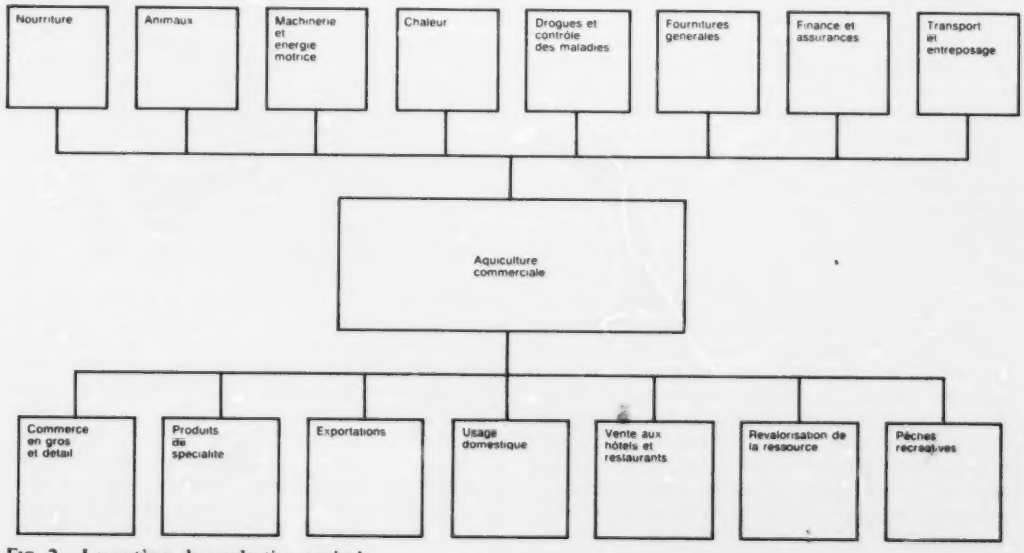



FIG. 2. Le système de production aquicole.

celle provenant des centrales nucléaires. Un plan pour la prévention et le contrôle des maladies infectieuses est un ingrédient des plus importants si l'on veut minimiser les risques de l'entreprise. Les fournitures générales, le financement et l'assurance, le transport, l'entreposage, etc. sont tous des facteurs qui affectent les coûts et dont il faut tenir compte.

On a également besoin d'études de marchés en vue de déterminer les diverses options offertes. Les marchés pour les spécialités exigent ordinairement un approvisionnement continu et des prix stables. Le calendrier de récolte et les facilités de distribution peuvent donc être des facteurs clés dans les tactiques de production.

Dans une perspective plus étendue, de nombreuses études stratégiques applicables à de nouvelles entreprises aquicoles ont été effectuées avec l'aide gouvernementale, et les résultats sont accessibles au public. D'autres, cependant, ont été financées privément et sont connues de peu. Ces études, dans leur ensemble, couvrent un large éventail d'activités et de régions au Canada, et on ne peut en donner ici qu'un bref résumé.

L'ostréiculture, une industrie établie depuis longtemps sur les deux côtes (Medcof 1969, 1971) a été récemment rajeunie par injection de techniques nouvelles (Environnement Canada 1974). Les entreprises d'aquiculture dans le lac Bras d'Or, par exemple, ont été largement orientées vers l'élevage de l'huître, bien que les moules et la truite soient également l'objet d'un élevage expérimental. Les algues marines ont été beaucoup étudiées dans l'est du Canada (Neish 1972; Federal/Provincial Atlantic Fisheries Committee 1971; French 1971) et des entreprises commerciales deviennent faisables. Une étude majeure des eaux rejetées chaudes a été effectuée à Lorneville, Nouveau-Brunswick (MacLaren Atlantic et al. 1974), et d'autres sites ont été examinés ou sont en voie de l'être (Shields et Veinot 1969) (une étude est présentement en cours à Pointe Lepreau). On a fait des études expérimentales dans la région atlantique sur les moules (Jamieson et al. 1975; Scaplen et Idler 1974), l'anguille, les pétoncles (Clugston 1974), le homard (Wilder 1972) et les salmonidés en eau salée (Macdonald 1974; Saunders et al. 1974; Sutterlin et al. 1975), mais un seul établissement d'élevage commercial de truites est présentement en opération dans cette région. Ceci fait contraste avec l'Ontario et le Québec où plusieurs centaines d'écloseries privées font l'élevage de la truite à petite échelle. Plusieurs de ces entreprises songent à diversifier leurs opérations et à prendre de l'expansion. L'élevage de la truite diffère encore dans la région des lacs des Prairies où des populations naturelles de *Gammarus* fournissent un aliment de base, suscitant un intérêt considérable et attirant un nombre croissant d'entreprises (Lawler et al. 1974). On a également élevé des truites expérimentalement dans des cages dans les lacs précambriens (Whitaker et Martin 1974) et l'utilisation de la chaleur des eaux usées pour l'aquiculture en eau douce fait l'objet de recherches en Ontario. La Colombie-Britannique a elle aussi établi des fermes d'élevage de truites opérant dans le secteur privé, et il y a un intérêt croissant dans des enclos de mer pour le saumon (Kennedy et al. 1975; MacCrimmon et al. 1974). On a également tenté l'aquiculture de la morue charbonnière (Kennedy 1972; 1974), ainsi que celle des mollusques en plus de l'huître (Bourne 1972). Les études de faisabilité relatives à l'industrie de nourriture à poissons (Bissell 1974) et de nombreuses études de mise en marché ont été entreprises. Des expériences sont en cours tant dans le secteur privé qu'au Département de nutrition, Université de Guelph, sur les possibilités d'utiliser divers ingrédients produits au Canada et pouvant servir de nourriture aux salmonidés.

Les études stratégiques et les développements industriels qui se sont produits aux États-Unis en rapport avec divers systèmes de culture considérés comme mûrs pour l'exploitation ont eu une forte influence au Canada (e.g. Gaucher 1971; Gates 1974; Mardela Corp. 1972; Klontz et King 1975; Novotny 1975; Ryther et al. 1972a, b). Dès la mi-1973, au moment où les potentiels de l'aquiculture au Canada étaient passés en revue à un séminaire à Winnipeg, les espèces considérées comme prêtes à être élevées à l'échelle commerciale comprenaient les saumons chinook, coho et nerka, la truite arc-en-ciel et les huîtres de l'Atlantique et du Pacifique. Une fois vérifiées la qualité des produits et la demande sur les marchés, des espèces telles que les saumons rose et keta, le saumon atlantique, la morue charbonnière, l'anguille et l'écrevisse d'eau douce mériteront d'être produites à grande échelle. Les espèces qui devraient être cultivées à petite échelle en attendant d'avoir plus de données techniques et/ou de marchés, comprennent les poissons plats, le doré, le grand corégone, les coques, palourdes, moules, pétoncles, le homard et les algues marines. Si l'on réussissait la culture du homard, les bénéfices seraient extrêmement élevés.

Passant en revue l'effort consacré aux études de faisabilité en aquiculture, on est impressionné par la multitude des talents consacrés au sujet. Il ne semble pas manquer de gens qui sont prêts à entreprendre des études en aquiculture et qui désirent devenir des compétences dans ce domaine. Comme exemple, un récent appel de soumissions en Ontario a produit 11 propositions, avec représentation provenant de toutes les parties du pays, chaque proposition étant appuyée par une expertise d'une variété impressionnante. De plus, une conférence sur l'aquiculture du lac Bras d'Or, organisé par le Comité interuniversitaire des Provinces atlantiques sur les sciences

attirait environ 250 participants, ce qui donne à croire qu'il y a un volume considérable de connaissances scientifiques et techniques présentement sous-utilisées et qui pourraient trouver dans l'aquiculture des défis nouveaux et significatifs.

En même temps, on s'inquiète du manque d'institutions s'intéressant explicitement à l'aquiculture. Dans le passé, ceci a trop souvent causé l'exclusion d'usagers potentiels, un mauvais mélange de disciplines, des résultats isolés et une division faussée des responsabilités. On a pris des mesures pour remédier à ce manque de structures systématiques. On a organisé des groupes de travail parmi le personnel du Service des pêches et des sciences de la mer, un séminaire gouvernement-industrie sur le développement des politiques en aquiculture (MacCrimmon et al. 1974) et on discute du sujet à toutes les réunions fédérales-provinciales. Le SPSM a de plus établi un office de coordination à Ottawa, mais la lenteur à mettre en place les structures régionales parallèles en a restreint l'efficacité. Il a de plus été difficile de traiter avec l'industrie existante, qui manque de porte-parole collectif. Le secteur des pêches est cependant bien au fait de ce problème général. Rothschild (1973) le mentionne quand il traite de questions de stratégie dans la gestion et le développement des pêches. Il souligne l'importance d'institutions formelles pour créer un climat favorable à la prise de décision stratégique; et il offre la solution. D'après lui, un institut de recherches appliquées chargé de développer les stratégies est particulièrement pertinent. La majorité partagerait cette opinion.

### Activités réelles – Variables systémiques

Mackenzie (1974) fait remarquer que les opérations ou tactiques sont le domaine du spécialiste. Bardach et al. (1972) définissent quatre étapes de cette activité spécialisée pour l'aquiculteur: 1) séparation préliminaire pour le choix de nouvelles espèces en élevage de subsistance seulement, 2) séparation scientifique (études en laboratoire), 3) extension de la recherche en laboratoire à échelle pilote et 4) essais commerciaux. Ces étapes coïncident de près avec les phases de prédiction et de planification opérationnelles du modèle de la figure 1.

Les activités scientifiques au Canada se sont concentrées en grande partie sur le choix des espèces et sur la biologie de base. Par contraste, le nombre et l'envergure des essais à échelle pilote et commerciale entrepris dans le secteur privé ont manqué d'apport scientifique bien développé, tant sous le rapport de l'information que celui d'un personnel expérimenté. Il y a eu des lacunes sérieuses dans la compréhension de la nutrition, des pratiques d'élevage, du comportement animal et du contrôle des maladies. On s'est également rendu compte qu'il n'était pas pratique pour le secteur privé de copier les opérations d'écloseries gouvernementales, car là aussi, le contenu scientifique est souvent faible, les installations étant planifiées et mises en opération sans trop se soucier de la capacité génétique des stocks reproducteurs, des approvisionnements en nourriture et du statut sanitaire des bassins hydrographiques qui les alimentent.

Cette façon d'opérer est quelque peu ironique quand on la considère en regard de ce qui se passe dans la communauté scientifique, où l'agriculture, encore dans son enfance, a attiré et continue d'attirer les meilleurs scientifiques du pays. Un pourcentage élevé de scientifiques supérieurs étudiant les poissons au Service des pêches et des sciences de la mer se sont associés au programme d'aquiculture et lui ont donné un calibre scientifique aussi haut que tout autre programme halieutique au Canada. Ceci ne peut être attribué à une stimulation résultant de budgets plus substantiels, mais est probablement une indication du manque de défi intellectuel qui a tendance à se glisser dans les programmes à plus longue portée. Il est raisonnable de s'attendre à ce que les contraintes financières réduisent la recherche d'exploration liée à l'aquiculture. Il est de plus en plus difficile d'obtenir des fonds, soit privés soit publics, pour financer une recherche et un développement expérimental qui ne peuvent montrer de bénéfices dans une période de temps raisonable. Cependant, ces périodes d'austérité ont incité les scientifiques à poursuivre en laboratoire des études moins coûteuses, mais aussi moins pertinentes, que celles qui devraient être effectuées à échelle pilote. Entre temps, le Canada a formé un corps unique de professionnels hautement qualifiés qui se sentent parfois frustrés de se trouver éloignés des centres d'élaboration des politiques et de ne pouvoir introduire leurs découvertes dans le processus de développement expérimental qui, étape par étape, conduira à des opérations commerciales.

Pour remédier à cette situation, le Service des pêches et des sciences de la mer d'Environnement Canada se propose d'entreprendre un programme quinquennal intensif en vue de renforcer la base technique et économique de l'aquiculture commerciale au Canada (Lucas 1975). Le programme comprendra la vérification et l'évaluation économique des systèmes d'alimentation et de culture à échelle pilote, l'établissement d'un plan de protection sanitaire des poissons, et la sélection et l'acquisition de stocks de poissons de réserve dont la performance aura été prouvée.

## Organisation de systèmes agissant sur le comportement

### Création d'institutions

Avec l'approbation du gouvernement, le Service des pêches et des sciences de la mer d'Environnement Canada est en train d'élaborer une politique nationale générale pour l'aquiculture commerciale (Lucas 1975). Une première étape est la préparation d'un document contenant une revue et des recommandations portant sur le contrôle de la production commerciale, octroi de permis, exploitation sous bail des sites, droits d'eau, confiscation, avec compensation, de stocks malades, mise en marché et application possible de programmes gouvernementaux existants d'aide aux cultivateurs et aux pêcheurs. Le document doit être préparé en consultation avec Agriculture Canada et avec les ministères fédéraux et provinciaux. Son but est d'aider le Cabinet à définir la nature du rôle futur du gouvernement fédéral dans le développement de l'aquiculture commerciale. Comme tel, le document devra inclure une discussion du degré approprié de participation provinciale dans le financement et l'administration d'initiatives politiques futures, reconnaissant les contraintes constitutionnelles de la gestion des pêches que Thompson (1974) analyse.

C'est là un pas important qui pourrait entraîner une initiative et une participation beaucoup plus grandes de la part du secteur privé. Traditionnellement, les autorités fédérales responsables des pêches ont été indifférentes à ce qu'on appelle aquiculture commerciale et ont orienté leurs activités presque entièrement vers la gestion de ressources halieutiques possédées en commun. Des points de vue semblables ont souvent prévalu dans le secteur provincial. Les programmes gouvernementaux qui ont évolué se sont donc orientés vers la conservation et l'exploitation de ressources halieutiques naturelles et ont accordé peu d'attention à la production dans le secteur privé. Par contraste, l'agriculture s'est développée à partir de systèmes bien établis de propriété ou d'exploitation sous bail des sites de production. L'aquiculture commerciale tombe entre ces secteurs, de sorte que les entrepreneurs sont aux prises avec l'incertitude. Le statut légal de l'aquiculture n'est pas spécifiquement défini dans la législation fédérale. En pratique, le conflit entre les attitudes du public et les valeurs axées sur la récréation, la faune sauvage, la gestion des ressources et l'aquiculture commerciale se manifeste souvent par des attitudes négatives à l'endroit de ces dernières de la part des gouvernements, et ceci bien à tort.

Avant même que cette revue des politiques nationales ne soit entreprise, Environnement Canada avait commencé à examiner les options politiques offertes à l'aquiculture au Canada et les implications de ces politiques. On peut résumer comme suit la politique qui a évolué entre 1972–74:

Le rôle premier reconnu pour le Service des pêches et des sciences de la mer en est un de recherche et de fourniture de renseignements scientifiques et techniques dans le but de réduire les risques que peuvent rencontrer les entreprises aquicoles. De tels projets devraient être précisés à mesure que les fonds deviennent disponibles, leur planification devant être consolidée au sein de régions, à cause de la relation avec un site spécifique de la plupart des projets d'aquiculture.

On a reconnu que l'expédition non contrôlée de poissons vivants, sans certification sanitaire, présentait des risques indus pour les stocks de poissons en captivité aussi bien que dans la nature. Il faut une action gouvernementale pour appliquer des mesures efficaces de prévention et de contrôle des maladies infectieuses de poissons, et on a pris des mesures pour établir un fondement scientifique à un programme sanitaire efficace pour les poissons.

On devra éviter de fournir des renseignements spéculatifs et de promouvoir à l'excès l'aquiculture tant qu'un fondement scientifique–technique adéquat n'aura pas été établi.

On devrait passer en revue les sources de capitaux dont disposent les entrepreneurs désirant mettre sur pied ou grossir une entreprise aquicole, mais éviter une aide financière directe, sauf pour un modeste programme fédéral–provincial à coût partagé déjà en cours.

L'Office de commercialisation du poisson d'eau douce suivra une politique libérale de permis de vente de produits aquicoles, qui permettra aux investisseurs de retirer tous les bénéfices possibles d'un accès direct aux marchés.

Là où la chose est applicable, les droits d'eau provinciaux et autres permis pertinents devront être considérés comme condition première à un encouragement fédéral.

On devrait éviter une réglementation indue au-delà de mesures pour prévenir l'introduction de substances nuisibles sur les lieux de pêche. On devrait donner la priorité au développement d'un programme sanitaire des poissons orienté vers l'entreprise privée. On a identifié les problèmes relatifs au mélange génétique et à la destruction de sites de haute valeur pour l'aquiculture.

Les Canadiens devraient, toutes les fois que l'occasion se présente, chercher à se renseigner sur toute nouvelle technologie développée dans les autres pays.

On devrait encourager la fabrication de nourritures à poisson au Canada.

Les établissements de pisciculture fédéraux devraient vendre, en autant que le permettent les

approvisionnements, des stocks de poissons aux entreprises privées, et ceci a été interprété par la suite comme la vente d'oeufs provenant de stocks améliorés.

La Loi sur la revue des investissements étrangers devrait s'appliquer aux entreprises aquicoles, à moins qu'il ne s'agisse du contrôle direct de bateaux de pêche ou d'une dépendance permanente sur des ressources halieutiques de propriété publique.

### Développement de l'aquiculture aux É.-U.

On s'est vite rendu compte que ces politiques étaient incomplètes et inadéquates sur une scène rapidement changeante, mais il est trop tôt pour prédire ce qui ressortira de la revue en cours des politiques en aquiculture et de préciser la nature des institutions qu'il faudra peut-être établir pour exécuter de nouvelles politiques. Il est intéressant, cependant, de voir ce qui se produit aux États-Unis et de consulter la *National Aquaculture Development Act of 1975* soumise au 94e Congrès. Si cette loi était adoptée, elle pourrait influencer la position compétitive du Canada. Elle a pour objet d'établir aux É.-U. un programme de développement aquicole en vue d'augmenter les sources de protéines marines pour le consommateur, augmenter la disponibilité et le niveau de qualité des produits halieutiques de consommation, développer de nouvelles ressources, améliorer ou maintenir les pêches récréatives, provoquer des commerces, industries et emplois nouveaux, et assurer d'autres bénéfices nationaux. Les activités qui découleraient de cette loi comprennent: i) construction, opération et entretien d'écloseries ou d'installations et entreprises semblables visant à améliorer l'habitat naturel; ii) aide aux organisations publiques et privées et aux individus intéressés ou engagés dans l'aquiculture par l'intermédiaire de services consultatifs et autres; iii) coordination des activités aquicoles avec les efforts visant à améliorer les stocks de poissons et coquillages sauvages pour le commerce et la récréation; iv) développement de substances thérapeutiques pour le contrôle des maladies des poissons et coquillages; v) consultation et coopération avec les gouvernements fédéral, d'États et locaux, les commissions régionales, les institutions d'enseignement supérieur, l'industrie privée et autres organisations publiques et privées en vue de développer une nouvelle technologie aquicole; vi) recherche et expérimentation sur l'utilisation des déchets (y compris les effluents thermiques) pour l'aquiculture; vii) développement de sources économiques nouvelles et améliorées de nourriture pour l'élevage de poissons et de coquillages; viii) développement de systèmes centralisés de recouvrement et de dissémination de l'information; ix) étude des contraintes légales et de réglementation qui freinent le développement de l'aquiculture; x) identification des facteurs de faisabilité économiques pour l'aquiculture, évaluation de ces facteurs pour des espèces particulières et préparation de manuels scientifiques et techniques, et de manuels d'opération pour l'aquiculture; xi) inventaire de l'aquiculture publique et privée aux États-Unis, y compris statistiques sur les superficies en acres, débit d'eau en gallons, production en livres et en nombres, techniques utilisées et problèmes en suspens que l'entreprise privée ne peut résoudre par elle-même; et xii) efficacité de la recherche fondamentale et appliquée à établir une base solide de connaissances pour le développement de l'aquiculture.

Plusieurs des pouvoirs proposés par cette loi sont déjà accordés au Canada en vertu de la Loi sur les pêches, et on pourrait affecter des crédits au développement sans autre législation. L'adoption d'une loi générale sur le développement de l'aquiculture, cependant, demeure toujours une solution possible à bien des problèmes de développement aquicole au Canada.

## Mesures agissant sur les systèmes (axées sur résultats) – Création des moyens

Plus que jamais, l'aquiculture, comme option de développement des pêches, est maintenant reconnue dans les centres stratégiques de prise de décision. Son acceptation lui assure une considération continue par rapport aux autres activités. Les organismes impliqués dans les pêches, tant fédéraux que provinciaux, en tiennent compte jusqu'à un certain point dans leurs objectifs et priorités budgétaires. De nombreuses sociétés ont investi des argents dans l'exploration des possibilités d'aquiculture, d'autres attendent le moment qu'ils jugeront opportun.

Il est difficile d'évaluer les montants engagés dans l'aquiculture, car les méthodes comptables ne la séparent que rarement, d'une façon complète, des autres activités. Le Service des pêches et des sciences de la mer a mis sur pied des programmes coûtant approximativement $2 000 000 annuellement, se rapportant non exclusivement mais à un certain degré à l'aquiculture. On prévoit poursuivre ces programmes au cours des 5 prochaines années, et on se propose d'y ajouter un programme quinquennal intensif dont le coût total est estimé à un peu moins de $6 000 000. D'autres organismes fédéraux ont également affecté des fonds à l'aquiculture, entre autres le Conseil national de recherches, le ministère de l'Expansion économique régionale et le ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien. Les dépenses provinciales sont encore plus difficiles à mesurer, car les plans ne commencent qu'à se préciser.

L'item le plus important au budget du Service des pêches et des sciences de la mer a trait à la

santé des poissons. Au total, cet item est presque aussi considérable que toutes les activités combinées se rapportant à l'aquiculture, et ceci s'explique en partie par une reconnaissance tardive de ce sérieux problème. Les arguments en faveur d'un solide programme de santé des poissons sont bien documentés (Bell et Margolis 1972; National Academy of Sciences 1973; Dill 1972). On a déjà pris des mesures pour raffermir la base scientifique du contrôle des maladies (Gillespie et al. 1974), et une nouvelle réglementation est en préparation. Ces règlements prévoient la certification des installations de production plutôt que celle de l'expédition, la définition de 12 maladies au lieu de 2 et, pour la première fois, ses applications aux expéditions interprovinciales.

La création d'autres moyens n'est pas aussi avancée et doit attendre le résultat de la revue en cours des politiques.

## Mesures efficaces (axées sur mises de fonds) – Opérations

Toute entreprise d'aquiculture envisagée devrait idéalement être l'objet d'une analyse soignée des bénéfices et coûts anticipés. Ceci est vrai, que la décision soit celle d'un investisseur privé ou d'un organisme public, bien que les critères d'évaluation des bénéfices ne soient pas tout à fait les mêmes pour les deux. Selon Gates (1971), les critères entrent dans deux catégories distinctes – biologique et économique. Les critères biologiques incluent la faculté d'adaptation à l'environnement et l'aptitude à être cultivé intensivement. Ce dernier critère comprend une considération de l'état actuel de nos connaissances en pisciculture. Les critères économiques incluent des considérations sur le volume des marchés et sur les coûts–prix, concurrence interrégionale et approvisionnements naturels.

En pratique, les connaissances de base nécessaires à une analyse de coûts-bénéfices, même superficielles font souvent défaut, et l'élément de risque est directement lié à ce manque de connaissances. Les entreprises qui ont vu le jour tendent à demeurer petites en attendant que soit réduit ce facteur de risque, ce qui, dans la plupart des cas, est très sage. Par ailleurs, une importance trop grande accordée à l'efficacité peut décourager les entreprises innovatrices et être la cause d'occasions manquées.

Bien que les entreprises d'aquiculture canadiennes décrites par Pritchard (1973) opèrent encore à petite échelle, certains changements apparaissent à l'horizon. Les entreprises exploitant les algues marines, la truite et l'huître sont maintenant suffisamment bien établies pour justifier une expansion, bien qu'une escalation soit probablement de nature à causer des problèmes. Le crédit est généralement rare, ce qui n'est pas surprenant vu le peu de données à échelle pilote et de lignes directrices dans les limites desquelles les entreprises auront à opérer. On a bon espoir de voir ces lacunes comblées dans un avenir prochain. C'est pourquoi il y a présentement un fort stimulant pour les gens à se lancer dans l'aquiculture et gagner une avance compétitive sur ceux qui suivront.

## Aquiculture dans des systèmes non alimentaires

Il existe une relation très étroite entre les industries basées sur les ressources (Weir 1971). Il serait donc inapproprié de faire une analyse de la situation en aquiculture dans le système alimentaire seulement, à l'exclusion totale des autres systèmes. Nous voulons, dans ce rapport, n'identifier que la perspective générale à maintenir.

La pêche récréative attire à l'heure actuelle plus de 4 millions d'adeptes par année, et les recensements indiquent une tendance uniforme vers la croissance (Environment Canada 1975). De plus en plus, les stocks de poissons qui alimentent cette industrie sont maintenus par une forme quelconque de culture. Semblablement, les pêches commerciales de saumon du Pacifique dépendent de plus en plus d'écloseries gouvernementales. L'opération de telles écloseries peut à l'avenir faire son chemin dans le secteur privé, pourvu que ce dernier développe une aptitude à produire des poissons pour le peuplement de plans d'eau publics suivant de rigoureuses spécifications.

L'industrie des poissons d'aquarium au Canada dépend en grande partie d'importations, très peu de poissons exotiques étant cultivés pour la vente. Plusieurs aquariums publics importants jouissent d'un support populaire et agrandissent continuellement leurs collections. L'élevage de poissons comme appât vivant pour la pêche sportive est une industrie viable dans les régions où l'usage de l'appât vivant est permis. Il y a en outre une demande croissante de spécimens vivants pour la recherche et l'enseignement. Ces demandes sont satisfaites en grande partie à même les stocks naturels, bien que le maintien en viviers pour distribution hors-saison soit devenu pratique courante au Canada.

## Les aspects internationaux

L'aquiculture au Canada doit également reconnaître les implications internationales, car le domaine comporte bien des activités tant dans les pays développés que dans les pays en voie de développement. Le Canada encourage les autres pays à trouver des options de développement des pêches qui pourraient diminuer la pression sur les stocks du large des côtes canadiennes. De plus, un nouveau régime d'utilisation des ressources marines pouvant résulter

de la Conférence sur le droit de la mer fait clairement ressortir le grand besoin de développer des ressources halieutiques à l'intérieur des frontières nationales. Il n'a donc pas été surprenant qu'une des recommandations issues de la Conférence technique sur la gestion et le développement des pêches de l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture des Nations Unies tenue à Vancouver en 1973 porte sur le développement des techniques d'aquiculture et sur l'intensification d'une recherche coordonnée en rapport avec l'aquiculture.

Depuis 1973, la FAO en coopération avec le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) poursuit un programme de développement et de coordination en aquiculture, à l'échelle mondiale. On a entrepris des recherches avec l'appui de plusieurs organismes internationaux et de fonds canadiens versés par l'intermédiaire de l'Agence canadienne de développement international (ACDI). La Conférence technique sur l'aquiculture qui sera tenue au Japon en 1976 est un prolongement de ces activités. Le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) apporte lui aussi une aide à la recherche en aquiculture. L'expertise canadienne est présentement en demande pour ces programmes.

Les Canadiens ont également établi des liens plus étroits avec l'aquiculture européenne en devenant membre du ICES et de son groupe de travail sur la mariculture, en délégant des observateurs aux réunions du EIFAC et en concluant des accords d'échanges science/technologie.

Il existe en outre des domaines spécialisés qui ont trait à l'aquiculture, e.g. on a eu des consultations en 1974 sur une Convention internationale pour le contrôle des principales maladies infectieuses des poissons, et la préparation d'un projet de convention est en suspens. Plus près de nous, la Commission des pêcheries des Grands lacs a élaboré une politique de contrôle des maladies, qui a une grande importance pour le Canada. En général, il y aura profit à utiliser, là où elle est applicable, la technologie étrangère, mais aussi à ne pas trop dépendre d'elle.

## Conclusions

L'aquiculture au Canada suscite beaucoup d'intérêt et de grands espoirs. Elle n'est encore cependant qu'une industrie en voie de développement. Quand on les oppose au modèle et aux facteurs fondamentaux qui lui sont associés, les activités offrent peu de surprises à venir jusqu'ici. Elles suivent le schéma prévisible d'activités humaines, et il est probable qu'elles continueront de le faire, parce qu'elles résultent de valeurs et de demandes fondamentales qui demeurent insatisfaites. Ces valeurs se rapportent aux demandes alimentaires (qualité aussi bien que quantité), au développement rural, utilisation des ressources, génération d'exportations, aux occasions d'emploi, à la récréation et à l'aide aux pays en voie de développement.

La présente étude porte surtout sur les problèmes alimentaires et note que les étapes successives identifiables dans le développement des systèmes alimentaires (croissance sauvage, culture visant à se suffire à soi-même, culture intensive et production d'aliments en usine) sont également suivies dans le développement de l'aquiculture. L'intensification et la diversification des formes de production alimentaire sont des tendances auxquelles on peut s'attendre quand les ressources sauvages diminuent ou rencontrent des difficultés à satisfaire les demandes du marché.

On a déjà consacré beaucoup d'effort à l'aquiculture au Canada, et il ne faudrait pas que l'élan acquis soit perdu. Le développement d'une aquiculture structurée devra se faire suivant une approche intégrée si les opérations doivent réussir. C'est ainsi, par exemple, que les meilleurs plans d'opération peuvent échouer si les moyens fournis par les gouvernements ne sont pas mis en place simultanément, ou vice versa. C'est pourquoi les besoins en recherche sont identifiés dans les trois domaines fonctionnels touchant les politiques, les stratégies et les opérations respectivement, et les priorités devraient refléter les trois. Une bonne partie de cette recherche, en particulier celle qui appuie les stratégies, serait applicable bien au-delà de l'aquiculture commerciale.

La condition la plus importante pour l'aquiculture est le développement d'une politique innovatrice. Cette dernière conservera son caractère innovateur grâce à la recherche qui, de plus, s'assurera que les instruments de cette politique sont adéquats et sensibles au changement. Le développement d'une politique implique l'organisation de systèmes dynamiques capables de fonctionner. Une telle organisation requiert des apports de renseignements fondés en grande partie sur des inventaires de ressources (e.g. zones propices à l'aquiculture, ressources en eau, nourriture, statut sanitaire des bassins hydrographiques, capacité génétique des stocks indigènes, usages contradictoires des bons sites d'aquiculture, potentiels de marchés, disponibilité de capitaux, contraintes légales, etc.), sur l'expectative du public et sur les politiques gouvernementales générales du moment. Le développement d'une politique nécessite également une évaluation de la base existante d'information pour permettre au changement d'incorporer les nouvelles découvertes. Il nécessite en outre une aptitude à évaluer le système comme un tout, de façon à prédire les répercussions de ces changements.

Le second domaine implique la prédiction et la planification stratégique, de même que la création de moyens de contrôle ou de changement stratégique.

C'est là un rôle important des gouvernements, qui devrait être orienté vers le bien public. La planification stratégique est d'abord et avant tout une activité de recherche appliquée, un fait trop souvent oublié, même des planificateurs. Une telle recherche appliquée requiert des institutions qui étudient les problèmes stratégiques affectant l'aquiculture d'une façon explicite; ces institutions devraient avoir un personnel entraîné dans la cueillette systématique, l'analyse et l'évaluation de faits scientifiques et qui a appris à travailler dans un milieu multidisciplinaire. Les projets d'importance stratégique se rapportant à l'aquiculture et justifiant une priorité budgétaire au Canada comprennent: études sur l'intégration de l'aquiculture avec d'autres industries existantes, structures modulaires des entreprises permettant de minimiser les risques, stratégies alternatives de commercialisation, éradication des maladies et protection contre les organismes causant des maladies infectieuses présentement étrangers au pays, un pool génétique pour les stocks aquatiques, exploitation de ranchs de mer, polyculture aquatique, introduction d'espèces non indigènes et utilisation des déchets, y compris égouts domestiques, dans l'aquiculture en eau douce. Les moyens requérant des services scientifiques et autres comprennent: règlements de contrôle des maladies, règlements concernant l'octroi de permis et le zonage, protection de la propriété (y compris propriété intellectuelle, lignées ou races uniques de plantes et d'animaux, etc.), règlements contre une surproduction et assitance technique ou cours populaires.

La recherche à l'appui des opérations doit se poursuivre de préférence en étroite relation avec des opérations industrielles ou à échelle pilote, sinon être incorporée directement dans le secteur industriel. Une telle recherche a tendance à être à plus court terme que celle qui appuie les stratégies, et à avoir une base plus étroite. Dans les cas où elle est financée par les gouvernements, il faudra éviter une concurrence déloyale entre les sociétés privées. Comme structure alternative, on peut créer une association industrielle dans le but d'entreprendre et de gérer des projets de recherche pour appuyer les opérations d'aquiculture. Les besoins en recherche dans ce domaine qui ont la plus haute priorité portent sur des formules alimentaires à coûts minimums et haut rendement pour les poissons; sélection de stocks reproducteurs résistants aux maladies et à haut rendement; développement de systèmes de reconditionnement et de recyclage d'eau; développement de produits; tactiques de production à coûts minimums; et suppression des pollutions. Des problèmes semblables se posent pour les opérations aquicoles dans plusieurs parties du monde, et une compétence industrielle de recherche sur ces problèmes aurait de plus une valeur marchande.

La main-d'oeuvre requise pour des initiatives de ce genre existe en grande partie au Canada, bien qu'il y ait un besoin d'un plus grand nombre de scientifiques hautement formés pour se consacrer explicitement aux problèmes soit stratégiques soit industriels. Il y a rareté de practiciens compétents en aquiculture; on a donc besoin de plus de formation technique.

Le niveau d'investissement dans la recherche et le développement expérimental en cours ou envisagés est justifié et s'élèvera probablement à mesure que les entreprises deviendront plus compétitives pour le capital d'investissement. Les risques que comportent une variété d'approches ne peuvent être minimisés que par un volume substantiel de recherche. Vu la croissance inévitable de cette industrie et les nombreux bénéfices qu'elle offre, les gouvernements pourraient facilement justifier des dépenses plus fortes pour la recherche et le développement expérimental associés à l'aquiculture commerciale. Tout retard à élaborer des politiques essentielles et à établir un bon fondement scientifique pour cette industrie compromettra le capital d'entreprise, ce qui devrait être évité. Il y a déjà un bon départ, et l'aquiculture a commencé à se doter d'une structure innovatrice qui en fait un modèle pour d'autres formes de développement des pêches, au pays et à l'étranger.

## Références


BARDACH, J. E., J. H. RYTHER, AND W. O. MCLARNEY. 1972. Aquaculture. Wiley-Interscience New York, N.Y. 868 p.

BEAMISH, W. D., A. PLOMP, AND H. H. PETERSON. 1975. An economic study of a modular aquaculture trout farm. Environ. Can. 111 p.

BELL, G. R., AND L. MARGOLIS. 1972. Considerations and recommendations for the control of fish diseases in Canada. Fish. Res. Board Can. Misc. Spec. Publ. 16: 52 p.

BISSELL CONSULTANTS LTD. 1974. Evaluation of commercial feasibility of a fish food industry in Canada. Fish. Mar. Serv., Environ. Can. 63 p.

BLAXTER, K. L. 1973. Intensive animal production. Vet. Rec. 92: 383–386.

BOURNE, N. 1972. Molluscan aquaculture in British Columbia. Am. Malacol. Union Bull. Feb. p. 25–27.

CLUGSTON, M. 1974. Observations on scallop farming in Newfoundland. Fish. Mar. Serv. St. John's, Nfld. 24 p.

DILL, W. A. [ED.] 1972. Symposium on the major communicable fish diseases in Europe and their control. FAO EIFAC Tech. Pap. 17: 40.

ENVIRONMENT CANADA. 1974. Report of the Maritime Oyster Development Task Force — The development of the maritime oyster industry. Fish. Mar. Serv. Environ. Can. 73 p.

1975. Statistics in sales of sport fishing license in Canada. Fish. Mar. Serv. Environ. Can. 23 p.

FEDERAL/PROVINCIAL ATLANTIC FISHERIES COMMITTEE. 1971. Proc. Meet. Can. Atl. Seaweeds Ind. Environ. Can. 149 p.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 1973. Editorial on the technical advisory committee of the consultative group on international agricultural research working group report. FAO Aquaculture Bull. 6: 1–2.

FRENCH, R. A. 1971. The Irish moss industry. Dep. Fish. For. 230 p.

GATES, J. M. 1971. Appraising the feasibility of fish culture. Symp. economic Aspects of Fish production. Organ. Econ. Coop. Dev. Paris p. 327–348.

GATES, J. M., G. C. MATHIESSEN, AND C. A. GRISCOM. 1974. Aquaculture in New England. Univ. R. I. Mar. Tech. Rep. Ser. 18: 77 p.

GAUCHER, T. A. 1971. Aquaculture: a New England perspective. Rep. Conf. Res. Inst. Gulf of Maine, New England Mar. Resour. Inf. Program. 119 p.

GILLESPIE, D. C., T. P. T. EVELYN, C. FRANTSI, R. M. MACKELVIE, AND N. NEUFELD. 1974. Methods for the detection of certain pathogens of salmonid fishes. Fish. Mar. Serv. Mis. Spec. Publ. 23: 19 p.

GULLAND, J.A. 1971. The fish resources of the ocean. Fishing News (Books) Ltd. Surrey, England. p. 246-255.

HANDLER, P. 1974. Nat. Acad. Sci. Annu. Rep. Fiscal Years 1973 and 1974. U.S. Senate Document No. 94-41. p. 196.

JAMIESON, G. S., I. C. NEISH, AND C. S. L. CLARKE. 1975. Perspectives and development prospects of mussel cultivation in the Maritime Provinces of Canada. Applied Marine Research Ltd. 74–11, Halifax, N. S. 75 p.

JANTSCH, E. 1972. Technological planning and social futures. John Wiley & Sons, New York, 245 p.

JONES, A. 1972. Marine fish farming. An examination of the factors to be considered in the choice of species. Fish. Lab. Lowestoft Leafl. 24. 16 p.

KENNEDY, W. A. 1972. Preliminary study of sablefish culture, a potential new industry. J. Fish. Res. Board Can. 29: 207–210.

1974. Sablefish culture — final report. Fish. Res. Board Can. Tech. Rep. 452: 15 p.

KENNEDY, W. A., C. T. SHOOP, AND W. FRIFFROEN 1975. Preliminary experiments in rearing Pacific salmon (1973 Parr) in pens in the sea. Fish. Mar. Serv. Tech. Rep. 541: 17 p.

KENYON, R. L. 1974. Editorial Chem. Eng. News. April 29, 1974. p. 4.

KLONTZ, G. W., AND J. G. KING. 1975. Aquaculture in Idaho and nationwide. Dep. Water Resour. Boise, Idaho, 85 p.

LAWLER, G. H., L. A. SUNDE, AND J. WHITAKER. 1974. Trout production in prairie ponds. J. Fish. Res. Board Canada 31: 929–936.

LUCAS, K. C. 1975. Aquaculture in Canada — How do we assure its future? Bras d'Or Lakes Aquaculture Conference. Coll. Cape Breton. Sydney, N. S. 15 p.

MACCRIMMON, H. R., J. E. STEWART AND J. R. BRETT. 1974. Aquaculture in Canada. The practice and the promise. Bull. Fish. Res. Board Can. 188: 85 p.

MACDONALD, R. E. H. 1974. Cape Breton Development aquaculture report: Saltwater salmonid culture program. Res. Dev. Branch, Environ. Can. Halifax, N. S. 15 p.

MACKENZIE, W. C. 1974. Conceptual aspects of strategic planning for fisheries management and development. J. Fish. Res. Board Can. 31: 1705–1712.

MACLAREN ATLANTIC LTD. AND ARTHUR D. LITTLE INC. 1974. Report on technical discussion on the feasibility of aquaculture at Lorneville, New Brunswick. Department of Fisheries and Environment Canada — Province of New Brunswick and Environment Canada. 255 p.

MARDELA CORP. 1972. NOAA aquaculture survey. Mardela Corp., Burlingame, Calif. 59 p.

MAYO, R. D. 1974. A format for planning a commercial model aquaculture facility. Kramer, Chin and Mayo Inc. Tech. Re. 30. Seattle, Washington 98101. 14 p.

MEDCOF, J. C. 1961. Oyster farming in the Maritimes. Bull. Fish. Res. Board Can. 131: 158 p.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1973. Aquatic animal health. Nat. Acad. Sci. Washington, D. C. 40 p.

NEISH, A. C. 1972. Marine plants — an undeveloped Canadian resource. Nat. Res. Council Can. Newsletter. Vol. 4, No. 2–3–4.

NOVOTNY, A. J. 1975. Net-pen culture of Pacific salmon in marine waters. Mar. Fish. Rev. 37: 36–47.

PRITCHARD, G. I. 1973a. Fish farm projects in Canada. Fish Farm. Int. 1: 112–114.

1973b. Constraints to aquaculture development. Can. Fisherman Ocean Sci. 22: 24–27.

QUAYLE, D. B. 1969. Pacific oyster culture in British Columbia. Bull. Fish. Res. Board Can. 169. 193 p.

1971. Pacific oyster raft culture in British Columbia. Bull. Fish. Res. Board Can. 178. 34 p.

REGIER, H. A., P. L. BISHOP, AND D. J. RAPPORT. 1974. Planned transdisciplinary approaches: renewable resources and the natural environment. J. Fish. Res. Board Can. 31: 1683–1703.

RICKER, W. E. 1969. Food from the sea, p. 87–108. *Dans* Resources and man, a study and recommendations by the Committee on Resources and Man. NAS NRC W. H. Freeman and Company, San Francisco, Calif.

ROTHSCHILD, B. J. 1973. Questions of strategy in fisheries management and development. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2017–2030.

RYTHER, J. H., W. M. DUSTAN, K. R. TENORE, AND J. E. HUGUENIN. 1972a. Controlled eutrophication — increasing food production from the sea by recycling human wastes. Bioscience 22: 144–152.

RYTHER, J. H., R. TENOR, W. M. DUNSTAN, J. C. GOLDMAN, J. J. PRICE, V. VREELAND, W. B. KERFOOT, N. CERWIN, J. E. HUGUENIN, AND J. M. VAUGHN. 1972b. The use of flowing biological systems in aquaculture, sewage treatment, pollution assay, and food chain studies. Prog. Rep. NSF-R ANN GI-32140. 33 p.

SAUNDERS, R. L., B. C. MUISE, AND E. B. HENDERSON. 1974. An attempt to overwinter salmonids at prevailing sea water temperatures in New Brunswick. Fish. Mar. Serv. Tech. Rep. 466: 14 p.

SHIELDS, W. D., AND J. A. VEINOT. 1969. Strait of Canso fish farm feasibility study. Nova Scotia Res. Found. Dartmouth, N. S. 74 p.

SMITH, V. E. 1970. Agricultural planning and nutrient availability. Nutr. Rev. 28: 143–150.

SUTTERLIN, A. M., H. BACHARD, AND G. MELVIN. 1975. Effects of several experimental diets on the growth of rainbow trout in salt water. Fish. Mar. Serv. Tech. Rep. 538: 8 p.

THOMPSON, P. C. 1974. Institutional constraints in fisheries management. J. Fish. Res. Board Can. 31: 1965–1981.

WEIR, J. R. 1971. Food from a northern environment. Can. Int. Food Technol. J. 4: A24–A28.

WHITAKER, J. AND J. MARTIN. 1974. The cage rearing of rainbow trout in Precambrian lakes. Fish. Res. Board Can. Tech. Rep. 446: 13 p.

WILDER, D. G. 1972. Cultivation possibilities for lobster conservation and management. Oceanol. Int. 72. p. 87–90.